

**BAGGERNUT WATERSYSTEEMANALYSE EN
SLIBDIAGNOSE VOOR HET HOEFSVEN**

WATERSCHAP BRABANTSE DELTA

9 juli 2012
076412151:C - Definitief
C01012.100105.0100



Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Het project baggernut	6
1.2	Watersysteemanalyse.....	7
1.3	Slibdiagnose	8
1.4	Locatie Hoefsven van waterschap Brabantse Delta	8
1.5	Leeswijzer	8
2	Beschrijving watersysteem	10
2.1	Watersysteem.....	10
2.2	Toestand (KRW) en KRW doelstelling.....	16
2.2.1	KRW	16
2.2.2	Zwemwaterrichtlijn.....	17
2.3	De relatie tussen chemie en ecologie volgens de KRW-verkenner tool.....	18
2.4	Maatregelen.....	19
2.5	Functie gebruik beheer en onderhoud	19
3	Analyse	20
3.1	Opzet watersysteemanalyse.....	20
3.2	Waterbalans (zie ook bijlage 1)	20
3.2.1	Methoden en basisgegevens.....	20
3.2.2	Resultaten en discussie.....	23
3.3	Stoffenbalans	24
3.3.1	Methoden en gegevens.....	24
3.3.2	Resultaten en discussie.....	25
3.4	Interne en externe belasting (g/m ² /jaar)	27
4	Slibdiagnose	28
5	Conclusie: effect waterbodem	32
5.1	Aanbevelingen	33
6	Referenties	34
Bijlage 1	Methodebalansen	36

1 Inleiding

1.1 HET PROJECT BAGGERNUT

De belasting van het oppervlaktewater met nutriënten is één van de belangrijkste oorzaken voor het niet halen van de KRW-doelen in 2015. De maatregelen om de nutriëntenbelasting terug te dringen zijn veelal gericht op de beperking van de externe bronnen. Ook interne eutrofiëring wordt als oorzaak gezien; vanuit bodem en bagger (slib) kunnen grote hoeveelheden nutriënten vrijkomen. Deze interne eutrofiëring kan zo sterk zijn dat herstel van de ecologische waterkwaliteit met meer dan tien jaar wordt vertraagd of zelfs geheel verhinderd.

We weten nog weinig over de werking van interne eutrofiëring en kunnen de grootte van interne eutrofiëring moeilijk vaststellen. In de meeste wateren is nog niet bekend of er sprake is van ernstige interne eutrofiëring en welke processen deze veroorzaken. Bovendien is nog niet bekend welke maatregelen effectief zijn om het effect van interne eutrofiëring op te heffen of te neutraliseren. Dit is aanleiding geweest voor het opzetten van het project BaggerNut.

Doelstelling van het project BaggerNut

Het project BaggerNut onderzoekt de rol van de waterbodem bij het niet halen van de KRW-doelen. Hierbij wordt ook speciaal aandacht besteed aan de vraag van de waterbeheerders of het nut heeft om waterbodemmaatregelen te nemen.

BaggerNut heeft een tweeledige doelstelling:

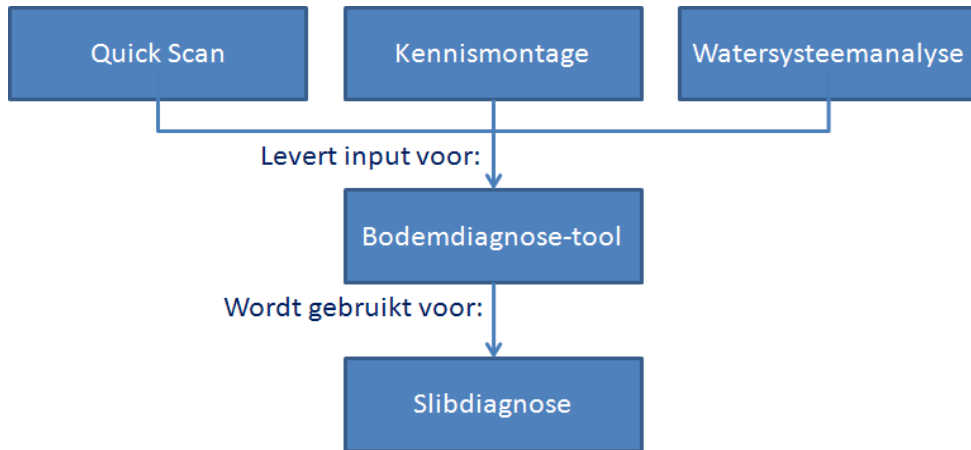
1. Processen die samenhangen met interne mobilisatie van nutriënten en baggerproductie inzichtelijk maken en op een eenvoudige wijze kwantificeren
2. Waterbeheerders handvatten aanreiken om een oordeel te geven over de effectiviteit van waterbodemmaatregelen (o.a. baggeren)

Onderdelen van BaggerNut

Om bovengenoemde doelstelling te halen zijn er verschillende deelprojecten binnen BaggerNut, waarbij de onderdelen die in dit rapport aan bod komen dikgedrukt zijn:

1. Kennismontage;
2. **Vergaren basisdata (veldmetingen en overige locatiegegevens);**
3. Uitvoeren praktijkexperimenten en maatregelen (baggeren);
4. Bodemdiagnose op basis van
 - a. Quick Scan (incl. kennismontage);
 - b. **Watersysteemanalyse**
5. **Slibdiagnose (uitvoeren bodemdiagnose op locaties);**
6. Kennis delen (communicatie).

De Quick Scan, de kennismontage en de watersysteemanalyse leveren input voor het ontwikkelen van de bodemdiagnose-tool. Deze tool wordt vervolgens toegepast om een slibdiagnose uit te voeren op de verschillende locaties. Hierbij kan informatie uit de watersysteemanalyse als invoer dienen. Onderstaande figuur geeft de verschillende onderdelen weer.



Dit rapport is onderdeel van BaggerNut en beschrijft de watersysteemanalyse en slibdiagnose voor het Hoefsven.

1.2 WATERSYSTEEMANALYSE

De watersysteemanalyse (WSA) betreft een zeer beknopte beschrijving van het watersysteem waarin de stofstromen in het gehele watersysteem zo goed mogelijk worden gekwantificeerd op basis van bestaande gegevens. Ook wordt waar mogelijk een link gelegd met de ecologie. Dit levert kennis op over de relatie tussen systeem- en bodemeigenschappen en interne eutrofiering. Uit de WSA worden systeemparameters afgeleid welke als input dienen voor de bodemdiagnose-tool.

Doelstelling

Het doel van de watersysteemanalyse is tweeledig:

1. Input leveren voor de (ontwikkeling van de) bodemdiagnose-tool;
2. Inzicht geven in het functioneren van het watersysteem en de rol van de waterbodem hierin.

De watersysteemanalyse betreft dus geen afgerond advies over welke maatregelen een waterschap zou moeten nemen, omdat primair wordt ingezoomd op de P-nalevering uit de waterbodem.

Watersysteemanalyses voor 10 waterschappen

Voor dit project zijn door 10 waterschappen locaties aangewezen waarvoor een watersysteemanalyse wordt uitgevoerd. Dit zijn locaties waarin de ecologische waterkwaliteit niet, of slechts deels, voldoen aan de KRW doelstellingen. De verwachting is dat op de locaties een te hoge nutriëntenbelasting bijdraagt aan het niet halen van deze doelstellingen. De ingebrachte locaties zijn zeer verschillend, zowel in ligging, vorm, bodemtype als beheer en onderhoud (tabel 1).

Locatie	Waterschap / hoogheemraadschap
Hoefsven	Brabantse Delta
Haarvaten Westboezem, Vlaardingervaart, Slinkslot, Karitaat Molensloot, Ackerdijkse plassen	Delfland
De Leijen, Alde Feanen, Slotermeer	Fryslan
Kanalensysteem Westerwolde, kanaalsysteem Veenkoloniën, Oldambtmeer, Zuidlaardermeer	Hunze en Aa's
Schutslooterwilde	Reest en Wieden
Klein Vogelenzang (onderdeel Reeuwijkse Plassen)	Rijnland
Twaalf vergelijkbare A-watgangen (sloten) in de Alblasserwaard	Rivierenland
Bleiswijkse Zoom	Schieland en Krimpenerwaard
De Keulevaart, Meijepolder en Zegveld, de Pleijt, Honswijk	Stichtse Rijnlanden
Terwoldse Wetering, Grote Wetering	Veluwe

Tabel 1 Locaties uitgekozen door de waterschappen voor de watersysteemanalyses. In geel de locatie die in dit rapport wordt onderzocht.

Binnen de slibdiagnose wordt de bodemdiagnose-tool toegepast voor een bepaalde locatie. Met behulp van de gegevens uit de WSA wordt de invoer voor de bodemdiagnose bepaald en wordt de ecologische toestand van het systeem berekend. Daarbij wordt specifiek aandacht geschonken aan de bijdrage van de bodem. Tenslotte kan de invoer van de Bodemdiagnose zodanig worden gewijzigd waardoor het effect van maatregelen kan worden berekend.

1.3 SLIBDIAGNOSE

Binnen de slibdiagnose wordt de bodemdiagnose-tool toegepast voor een bepaalde locatie. Met behulp van de gegevens uit de WSA wordt de invoer voor de bodemdiagnose bepaald en wordt de ecologische toestand van het systeem bepaald. Vervolgens wordt aangegeven in hoeverre de waterbodem het niet halen van de KRW doelen veroorzaakt. Wanneer de waterbodem een significant effect heeft worden een of meerdere zinvolle waterbodem maatregelen aangegeven en worden de verwachte effecten hiervan doorgerekend.

1.4 LOCATIE HOEFSVEN VAN WATERSCHAP BRABANTSE DELTA

Waterschap Brabantse Delta heeft het Hoefsven aangewezen. Het Hoefsven is een klein wiel met een officiële zwemwaterfunctie. Er worden regelmatig blauwalgen aangetroffen en het waterschap wil weten of nalevering uit de waterbodem medeoorzaak kan zijn van de blauwalgenconcentraties.

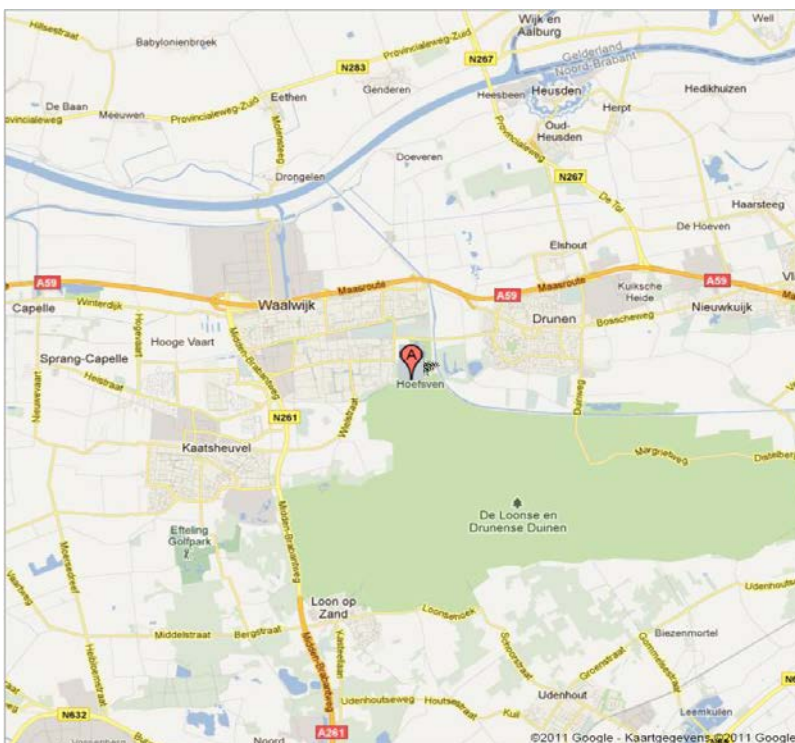
1.5 LEESWIJZER

De resultaten van deze watersysteemanalyse worden gebruikt voor het project BaggerNut. In hoofdstuk 2 wordt de huidige situatie van het watersysteem beschreven, zoals de ligging, functie en huidige (chemische en ecologische) toestand. De analyse wordt in hoofdstuk 3 uitgewerkt; allereerst worden methode en resultaten van de waterbalans (§3.2) beschreven. Daarna volgt de stoffenbalans (§3.3) met methode en resultaten. Hoofdstuk 4 geeft de slibdiagnose en in hoofdstuk 5 volgt de conclusie over de rol van de waterbodem binnen het watersysteem.

2 Beschrijving watersysteem

2.1 WATERSYSTEEM

Het Hoefsven ligt ten zuidoosten van Waalwijk, net buiten de woonkern. Aan de zuidzijde van de zwemplas beginnen de Loonse en Drunense duinen. Nabij het Hoefsven ligt het Galgenwiel, beide wateren hebben tegenwoordig de functie waternatuur. Het Galgenwiel en het Hoefsven zijn overblijfselen van een dijkdoorbraak in 1658. Het Hoefsven is dus, in tegenstelling tot wat de naam suggereert, geen ven, maar een wiel (Tauw, 2010).



Figuur 1 Ligging van het Hoefsven (bron: Google maps)

De zwemplas is al jaren als zodanig in gebruik. Tot 2003 werd er voornamelijk gezwommen in betonnen bakken die gevuld en ververst werden met water uit het Hoefsven (zie figuur 1). In 2003 heeft de gemeente de betonnen bakken verwijderd en een klein strandje aangelegd zodat zwemmers voortaan in het Hoefsven zelf kunnen zwemmen (Tauw, 2010).

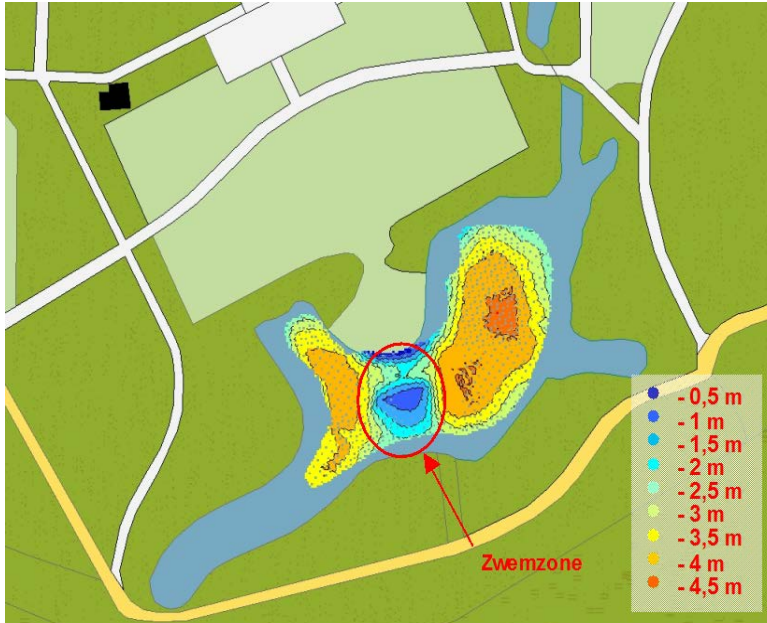


Figuur 2 Luchtfoto van het Hoefsven. In het midden aan de noordkant ligt het zwemstrandje. De gele markers zijn de veldwerklocaties van B-ware, de groene markers zijn de gebruikte peilbuizen voor grondwaterstanden en de rode marker is de dichtstbijzijnde peilbuis

Het Hoefsven heeft geen open verbinding meer met het Lido (met jaarlijkse blauwalgenproblemen). Er was vroeger een duiker tussen het Lido en het Hoefsven, maar deze is in de winter van 2008 dichtgestort. Dat betekent dat het Hoefsven alleen wordt gevoed door regenwater en grondwater. De omgeving bestaat vooral uit zand/eerdgronden. Het grondwaterpeil in de peilbuizen ligt ca. 1 tot 2 meter beneden maaiveld (1,5 tot 3 meter + NAP).

Het Hoefsven ligt volledig ingesloten door bomen, hoewel aan de oostkant een behoorlijke rietkraag aanwezig is. De bomen zorgen ervoor dat in alleen in de zomer het water (bijna) helemaal in de zon ligt. In het voor – en najaar is tot 40% van het oppervlak permanent beschaduwed.

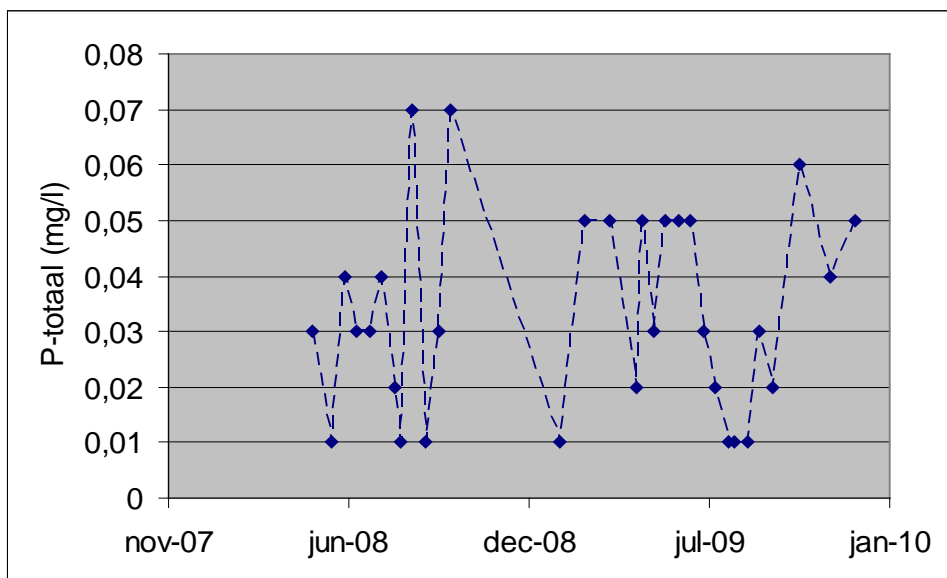
Het oppervlak is 1,5 ha. De waterdiepte varieert van 0,5 meter in het midden tot 4 à 4,5 meter in beide kommen (zie figuur 3). Gezien de grootte en de ligging in bebost gebied, speelt wind geen rol. Daardoor is het volledig stilstaand water en zou er 's zomers door de relatief grote diepte enige temperatuurstratificatie kunnen optreden, maar een permanente zomerstratificatie wordt niet verwacht.



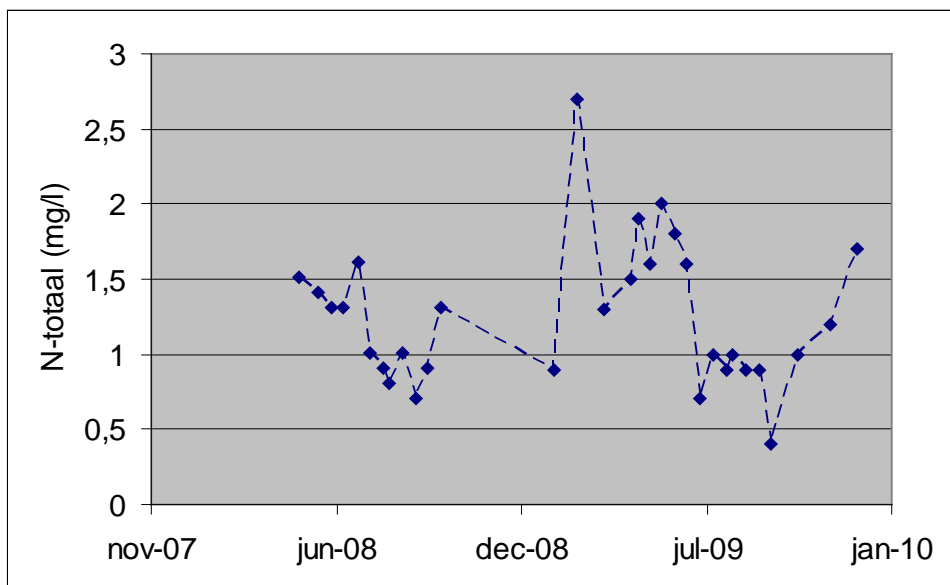
Figuur 3 Waterdiepte in het Hoefsven

Waterkwaliteit in het Hoefsven.

De waterkwaliteit wordt getoond aan de hand van metingen voor totaal P, totaal N, doorzicht en chlorofyl. Figuur 4 laat zien dat P-totaal in het oppervlaktewater schommelt tussen 0,01 en 0,07 mg P/l met een licht hogere waarde in de winter (tabel 2), maar het verloop is grillig. Hetzelfde geldt voor stikstof (Figuur 5), maar voor stikstof is wel een dalende trend te zien gedurende het zomerhalfjaar



Figuur 4 Totaal-P concentraties in het oppervlaktewater van het Hoefsven



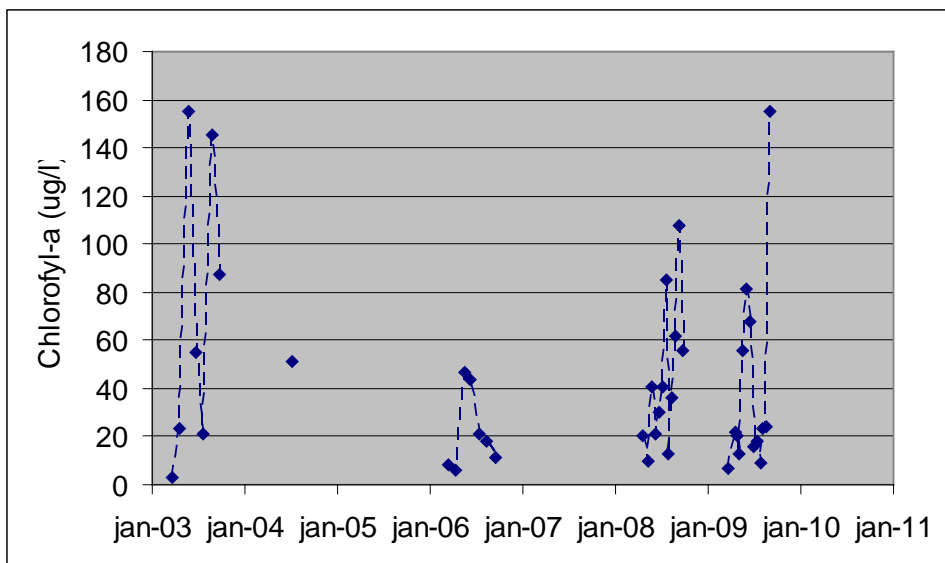
Figuur 5 Totaal-N concentraties in het oppervlaktewater van het Hoefsven

	P-totaal (mg/l)	N-totaal (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	Chlorofyl-a (µg/l)
Zomer 08-09	0,03	1,20	0,16	0,15	42,83
Winter 08-09	0,04	1,47	0,10	0,43	7,00*

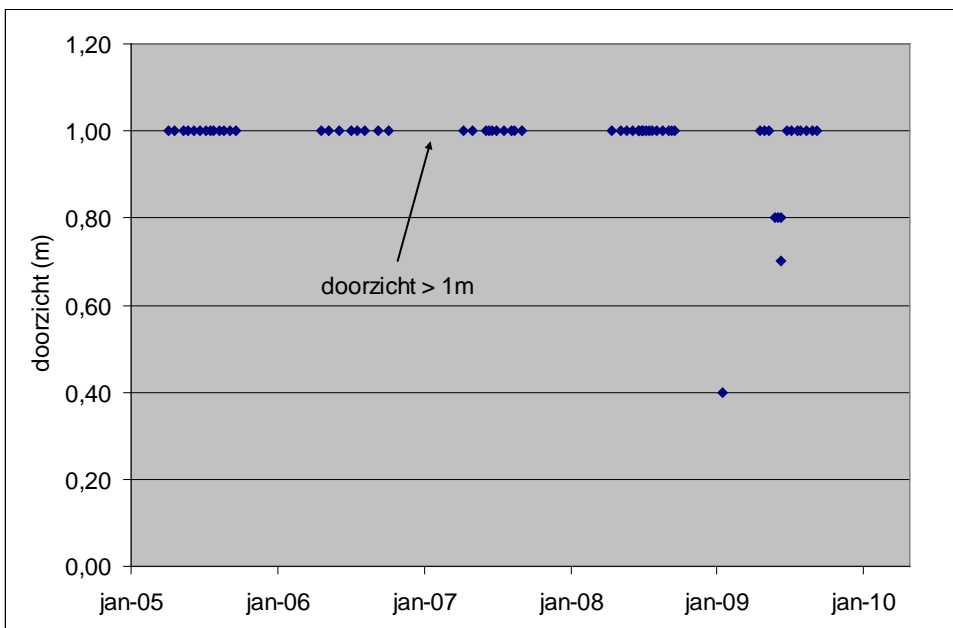
Tabel 2 Zomer- en wintergemiddeldes voor een aantal parameters over 2008 en 2009. Gemiddeldes over langere perioden gaven hetzelfde beeld.

* voor chlorofyl-a zijn slechts enkele wintermetingen beschikbaar.

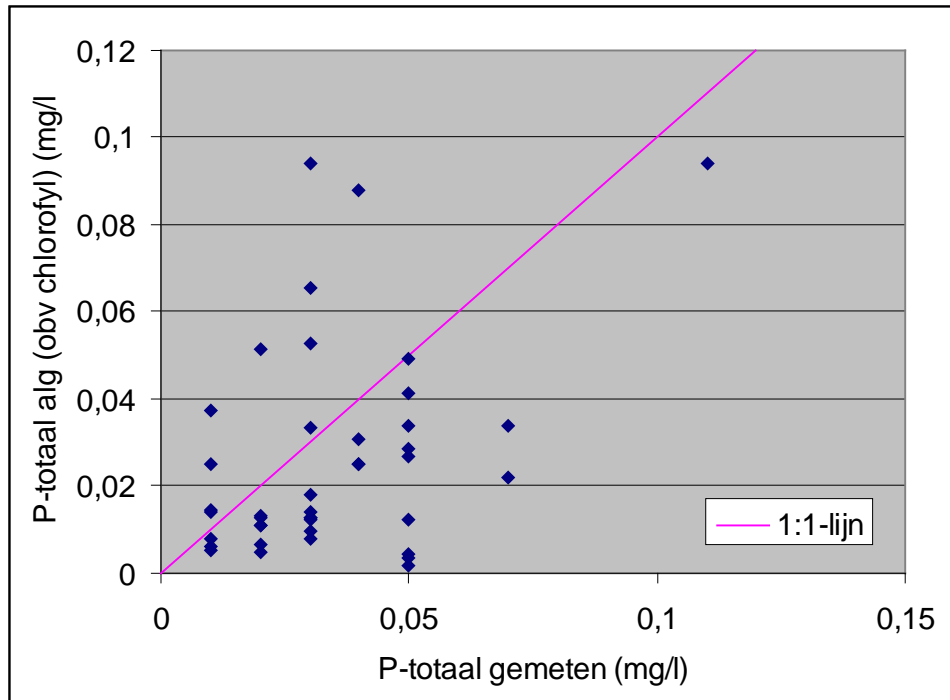
De chlorofylconcentraties zijn in de zomer duidelijk verhoogd (Figuur 6), terwijl het doorzicht meer dan een meter blijft (Figuur 7), behalve een klein dipje in de zomer van 2009. De metingen zijn op dezelfde dag genomen en horen bij hetzelfde meetpunt. Experts binnen Deltares geven aan dat dit eigenlijk onmogelijk is. Bij dergelijke chlorofylconcentraties kan het doorzicht onmogelijk een meter zijn (Los, pers. comm.). Bijkomend is de zeer lage P-totaal in oppervlaktewater. De hoogste waarden bedragen 0,07 mg P/l hetgeen overeenkomst met ca. 100 µg chlorofyl/l. P-gemeten moet altijd hoger zijn, omdat er naast P-alg ook P-detritus en P-anorganisch zwevend stof aanwezig is. In een aantal gevallen is P-alg zelf hoger dan P-totaal (punten boven de 1:1-lijn in figuur 8). Een interne controle door het Waterschap heeft tot nu toe geen technische of analytische verklaring voor deze onwaarschijnlijke combinatie van metingen gegeven.



Figuur 6 Chlorofyl-a-concentraties in het oppervlaktewater van het Hoefsven



Figuur 7 Doorzicht in het Hoefsven tussen 2005 en 2009 (de metingen geven niet hoger dan 1 meter; bij meer doorzicht wordt >1 m gerapporteerd).



Figuur 8 P-totaal in de metingen versus P-alg berekend op basis van chlorofyl.

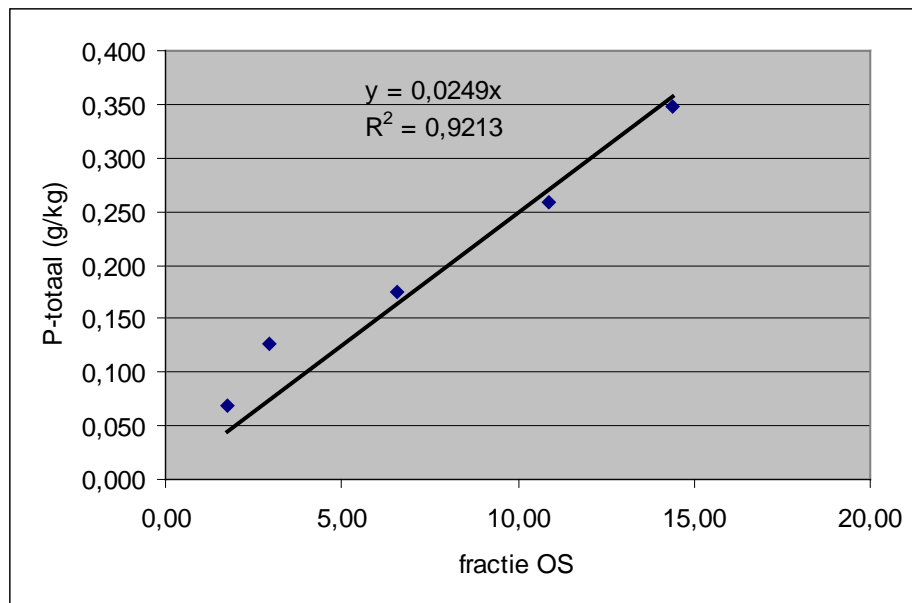
Waterbodemkwaliteit in het Hoefsvan

Tabel 3 geeft de P, Fe en S-gehalten weer zoals gemeten door B-Ware in het project BaggerNut. Hoewel de waterdiepte niet is gerapporteerd door B-Ware, lijken de bodemmonsters allemaal gestoken in de ondiepe zones. Het zou heel goed kunnen dat de slibdikte en de P-gehalten in de diepe zones groter zijn.

De gemeten P-gehalten zijn zeer laag voor waterbodems, maar dat geldt ook voor Fe en S-gehalten. Bovendien is variatie tussen de meetpunten sterk gerelateerd aan de organische stof (Figuur 9). De Fe/P-ratio (mol/mol) ligt tussen de 7 en 15. Dat ligt ongeveer op de grens waarbij nalevering kan gaan optreden.

Meet punt	Org. stof fractie	P-totaal (g/kg)	Fe-totaal (g/kg)	S-totaal (g/kg)	(Fe-S)/P-ratio (mol/mol)	Fe/S-ratio (mol/mol)	Fe/P-ratio (mol/mol)
1	0,03	0,126	1,893	1,158	-0,56	0,94	8,36
2	0,07	0,175	2,526	1,762	-1,73	0,82	7,99
3	0,11	0,259	3,856	2,784	-2,15	0,79	8,27
4	0,02	0,069	1,887	0,761	4,5	1,42	15,22
5	0,14	0,347	5,576	4,750	-4,3	0,67	8,91

Tabel 3 Gehalten in de waterbodem van het Hoefsvan



Figuur 9 Relatie tussen P-gehalten en organische stof in de waterbodem

2.2 TOESTAND (KRW) EN KRW DOELSTELLING

2.2.1 KRW

Het Hoefsvan is geen KRW-waterlichaam en heeft derhalve geen typering gekregen. In de beslisboom zou het Hoefsvan getypeerd worden als M11 (kleine gebufferde meren, hoewel $\text{HCO}_3^- = 0,25$ hetgeen tot M12 zou leiden (kleine ondiepe zwak gebufferde plassen (vennen)). Voor de normen kan ook gebruik gemaakt worden van M14 (grote gebufferde meren).

De ecologisch ondersteunende parameters scoren over het algemeen goed tot zeer goed (N, P, doorzicht, zuurstof). Alleen de chlorofylconcentratie is matig tot slecht ($46 \mu\text{g/L}$). Dit is opvallend, omdat verwacht mag worden dat de chlorofylconcentratie een resultante is van de nutriëntentoeestand. De ecologische parameters zijn onbekend, behalve voor vis.

Het visbestand in het Hoefsvan is in 2010 geraamd op $119,2 \text{ kg/ha}$ (ATKB, 2011). Het visbestandsrapport vermeldt dat dit qua omvang is een normaal bestand voor een kleine plas. De soortenrijkdom van de visstand is met vijf vissoorten gering, maar is voor dergelijke kleine geïsoleerde wateren eveneens normaal. Wel wordt opgemerkt dat de combinatie van brasem (indicator troebel water) en ruisvoorn (helder water) opmerkelijk is. Mogelijk stamt de brasempopulatie nog uit de periode dat er een verbinding was met het Lido, dat een (troebele) visplas is. De maatlatscore (op basis van M11) is 0,2, vooral door een gebrek aan soorten.

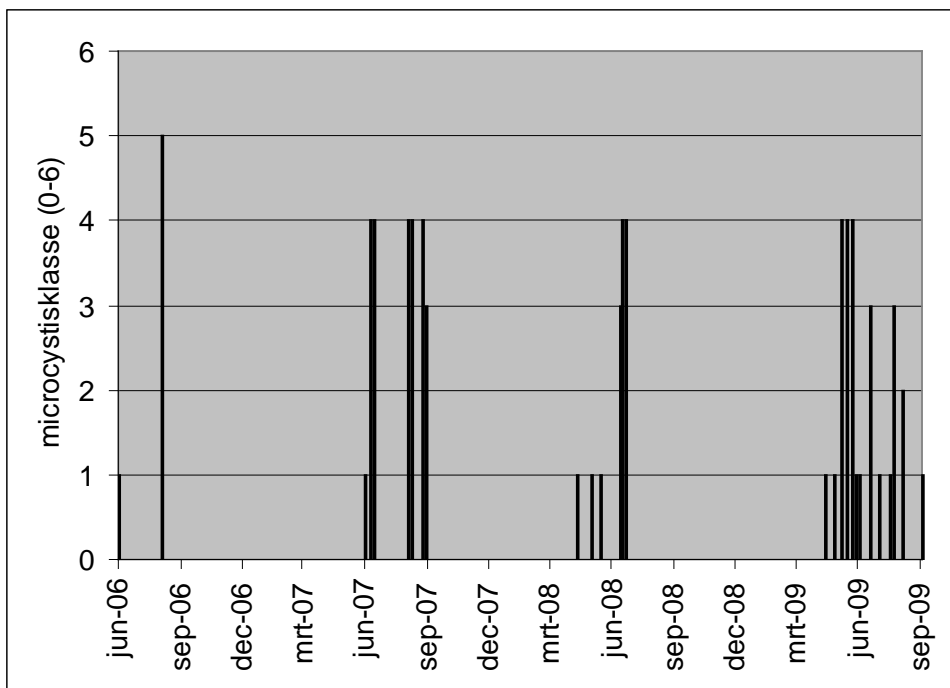
Het rapport van Helder naar Troebel (Jaarsma et al., 2008) geeft echter aan dat voor helder water een visstand $<50 \text{ kg/ha}$ nodig is. Het is echter twijfelachtig of, zoals het visbestandsrapport suggereert, afvissen zinvol is. De zwevende stof- en nutriëntenconcentraties zijn namelijk laag.

2.2.2 ZWEMWATERRICHTLIJN

In 2010 heeft TAUW een rapportage gemaakt over de zwemwaterkwaliteit, waarin de aanwezigheid van *Microcystis* wordt gemeld, hetgeen heeft geleid tot waarschuwingen voor zwemmers. De blauwalgmetingen zijn semi-kwantitatief. De verklaring van de klassen is gegeven in tabel 4. Eigenlijk wordt jaarlijks klasse 4 aangetroffen (Figuur 10) hetgeen betekent dat in rustig water, wat het geval is in het Hoefsven, kleine drijfslagen zichtbaar zijn.

Klasse	Aanduiding	Verklaring
0	geen	Er is zowel in het water als in de monsterfles niets te zien
1	weinig	Er wordt in het water niets waargenomen, in de monsterfles zijn enkele spikkels of kleine klontjes of vlokjes waarneembaar
2	weinig/matig	Het water geeft een twijfelachtig beeld de eerste klontjes en/of vlokjes worden zichtbaar, in de monsterfles zijn klontjes en/of vlokjes waarneembaar
3	matig	Er zijn duidelijk klontjes en/of vlokken in het water zichtbaar, in de monsterfles zijn na menging klontjes of vlokjes waarneembaar, in rust vormt zich een kleine drijfslag
4	matig/veel	In het water ontstaat een kleine drijfslag, in de monsterfles zijn na menging klontjes of vlokjes waarneembaar, in rust vormt zich een kleine drijfslag
5	veel	In het water is een drijfslag, in de monsterfles ontstaat een dikke drijfslag
6	heel veel	In het water is een aaneengesloten drijfslag van minimaal 1 cm (zie foto)

Tabel 4 Verklaring van de Microcystisklassen



Figuur 10 Overzicht van de mate waarin Microcystis voorkomt in het Hoefsvan

2.3 DE RELATIE TUSSEN CHEMIE EN ECOLOGIE VOLGENS DE KRW-VERKENNER TOOL

Voor BaggerNut is besloten om waar mogelijk gebruik te maken van de KRW-verkenner. Daarom wordt de vertaling van chemische waterkwaliteit naar ecologische kwaliteitsratio's gemaakt met de Ecologytool van de KRW-verkenner (<http://public.deltares.nl/display/KRWV/Downloads>). Deze tool kent voor het watertype M11 geen rekenregels. Daarom is gerekend met de regels voor M14 (grote gebufferde meren). De EKR-scores zijn gebaseerd op vier stuurparameters: N, P, oeverinrichting en peilbeheer. Nutriënten zijn volgens de KRW-verkennertool niet de limiterende factor. Voor waterplanten en bentische macrofauna zou de oeverinrichting nog beter kunnen, hoewel er een deel met riet is begroeid waardoor er een geleidelijke overgang van land naar water is. Kortom: dit water zou volgens de KRW-verkenner een optimale ecologische waarde moeten hebben. Aangezien het Hoefsvan geen KRW-water is, zijn er geen EKR's berekend. Wel is in het visbestandsrapport een EKR-vis berekend, nl. 0,2. Er wordt echter bij vermeld dat de gerapporteerde visbiomassa en het aantal soorten niet ongewoon is voor een dergelijke plas. In elk geval lijkt het niet meteen aan de waterkwaliteit te liggen dat de EKR-vis slecht scoort.

Watertype	M14		
Relevante stuurparameters	N, P, oeverinrichting, peilbeheer		
Totaal N	1,2		
Totaal p	0,031		
Shore alteration	2	(=riet/helofieten zonder moeras, maar ook zonder beschoeiing)	
Waterlevel management	3	(=natuurlijk)	
KRW-ecologytool	EKR	limiterende kritische parameter:	werkelijke EKR-score (QBWat)
Aquatic flora	0,62	Oeverinrichting	
Phytoplankton	0,87	Geen	
Benthicinvertebrate	0,56	Oeverinrichting	
Fish	0,92	Geen	0,2

Tabel 5 Gebruikte invoerparameters in de KRW-verkennertool en de resulterende EKR-scores

2.4 MAATREGELEN

Het Hoefsven had een verbinding met het Lido (de plas ten noorden van het Hoefsven), waarin de algenproblematiek prominent aanwezig is. Het is echter onbekend in hoeverre sprake was van watertransport van het Lido naar het Hoefsven. TAUW meldt dat het waterniveau in het Hoefsven in principe hoger is dan in het Lido. In 2008 is de duiker afgesloten. De nutriëntenconcentraties in 2008 en 2009 geven meer spreiding dan in 2003 en 2006 (zowel hogere als lagere waarden). Een trend kan echter niet worden vastgesteld.

2.5 FUNCTIE GEBRUIK BEHEER EN ONDERHOUD

De gemeente Waalwijk geeft aan dat er niet tot nauwelijks beheer wordt gepleegd. Alleen de zonneweiden worden regelmatig gemaaid. In en rondom de plas wordt geen beheer uitgevoerd.

3 Analyse

3.1 OPZET WATERSYSTEEMANALYSE

De watersysteemanalyse betreft in essentie een stofstromenbalans vooral gericht op P en N. Om de aanvoer, afvoer en interne processen van nutriënten goed te kunnen beschrijven is een goede waterbalans nodig. Paragraaf 3.2 start dan ook met het opstellen van de waterbalans. Vervolgens wordt in paragraaf 3.3 de stoffenbalans opgesteld. Beide balansen starten met methoden en basisgegevens, waarin de beschikbare gegevens worden geïnventariseerd, de aan- en afvoerposten worden benoemd en methoden voor het kwantificeren van alle posten worden gegeven. In de paragraaf 3.4 wordt de interne belasting nader beoordeeld door een vergelijking te maken met de externe belasting en de kritische belasting.

3.2 WATERBALANS (ZIE OOK BIJLAGE 1)

3.2.1 METHODEN EN BASISGEGEVENS

Basisgegevens

Voor het Hoefsven is gebruik gemaakt van de volgende gegevens die, behalve de grondwaterdata, zijn aangeleverd door Waterschap Brabantse Delta:

- Algemene gegevens in het spreadsheet tabblad systeem informatie
- Monitoringgegevens oppervlaktewater van 2000-2009
- Grondwaterkwaliteitsgegevens tussen 1990 en 1998 uit een peilbuis 400 meter ten zuiden van het Hoefsven (meetpuntcode: B44H0175) met een filterdiepte van 4-5 meter onder maaiveld. Recentere gegevens waren niet aanwezig. In de gegevens tussen 1990 en 1998 was voor SO₄ op het oog een licht dalende trend te zien. Voor de overige stoffen was geen trend te zien.
- Grondwaterstanden in peilbuizen B44H0523 en B44H0384 tussen 2000 en 2010 in twee peilbuizen enkele honderden meters ten oosten en ten noordwesten van het Hoefsven.

Methoden

Het Hoefsvan is een plas, die alleen regenwater ontvangt en in contact staat met grondwater. De balansbevat dus de volgende aan- en afvoerposten:

- Neerslag
- Verdamping (algemene verdamping open water is wellicht te hoog geschat vanwege de sterke beschaduwing).
- Kwel
- Wegzijing
- (bergingverandering)

Uitgangspunt is de neerslag en verdamping. De neerslag is in de nabijheid gemeten over een lange periode en voor de verdamping zijn gemiddelden voor open waterverdamping gebruikt. De verdamping zou, zoals eerder gemeld, overschat kunnen zijn, omdat het Hoefsvan al snel in de schaduw van de omringende bomen ligt. De balans wordt sluitend gemaakt met aanvoer en afvoer vanuit het grondwater.

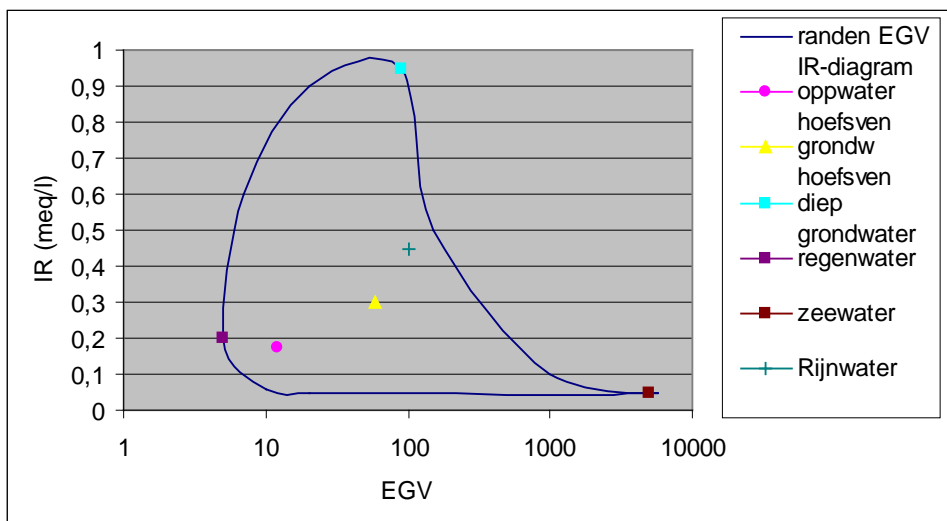
Er zijn twee indicatoren die iets kunnen zeggen over de bijdrage van grondwater in het Hoefsvan, namelijk de peilfluctuatie en de ionensamenstelling. Peilfluctuatie bepaalt hoeveel berging plaatsvindt in de plas. Door fluctuatie in het grondwaterpeil ontstaan stijghoogteverschillen, waardoor het Hoefsvan 'volloopt of leegloopt'. Daarnaast kan grondwater horizontaal door het Hoefsvan heen stromen, maar hierover is niets bekend. De chlorideconcentratie in grondwater en regenwater zijn verschillend. Oppervlaktewater in het Hoefsvan is een resultante van regen- en grondwater. De chlorideconcentratie in het oppervlaktewater zegt dus iets over de verhouding regenwater/grondwater.

Peilfluctuatie

De betrouwbaarheid waarmee de bijdrage van grond- en regenwater kan worden bepaald, hangt vooral af van de beschikbaarheid van data. Voor de peilfluctuatie zijn twee mogelijk bronnen. De peilbuizen en het peil in het Hoefsvan. Gezien de waterdiepte van ruim 4 meter en het grondwaterpeil van 1 meter onder maaiveld, heeft het Hoefsvan direct contact met het grondwater en wordt het peil waarschijnlijk ook sterk beïnvloed door het grondwater. Vanaf april daalt het grondwaterpeil geleidelijk ongeveer 50 cm en bereikt eind oktober het laagste peil. Dit is in zowel de oostelijke als de noordwestelijke peilbuis te zien. Van het oppervlaktewater zijn geen peilgegevens beschikbaar. Volgens de gemeente (beheerder) bedraagt de peilfluctuatie ca 0,75 m. Dit correspondeert met de uiterste grondwaterstanden. Het lijkt echter wat aan de hoge kant om dat als jaarlijks verschil te veronderstellen.

Chlorideconcentraties

Een andere manier om de verhouding tussen regenwater en grondwater te schatten is te kijken naar de ionensamenstelling. Figuur 11 geeft de karakteristieken van grond-, oppervlakte- en regenwater. Daarbij moet worden opgemerkt dat de grondwaterkwaliteit is gebaseerd op basis van data tussen 1990 en 1998 in het zomerhalfjaar op een afstand van 500 meter van het Hoefsvan. Zoals verwacht is het grondwater in de peilbuis geen geogeen grondwater; het heeft de karakteristiek van verdund Rijnwater. Zowel de elektrische geleidbaarheid (EG) als de ionenratio (IR) vertonen enige variatie, maar er zijn geen duidelijk trends waarneembaar. In Figuur 11 is te zien dat het oppervlaktewater in het Hoefsvan (roze punt) voor de EGV tussen het grondwater (gele punt) en regenwater (paarse punt) in ligt, maar voor de IR zelfs er iets onder ligt. Dit komt omdat de calciumconcentratie in oppervlaktewater relatief laag is ten opzichte van chloride.



Figuur 11 EGV/IR-diagram (zie bijlage 1) met daarin de metingen van het Hoefsven en het grondwater in de nabije omgeving. De EGV/IR diagram is gebaseerd op metingen tussen 1990 en 1998. Er is geen reden om aan te nemen dat na die tijd grote veranderingen zouden zijn opgetreden

Omdat chloride het meest inert is, worden de chlorideconcentraties gebruikt om de verhouding grondwater/regenwater te bepalen. In Tabel 6 zijn de concentraties in regen-, grond- en oppervlaktewater weergegeven. Voor de bepaling van de bijdrage van het grondwater is uiteindelijk gekozen voor een gewogen gemiddelde op basis van concentraties in grondwater en regenwater ($0,29 \times 44 + 0,71 \times 3 = 15$). Er zijn argumenten dat dit een onderschatting is: het is waarschijnlijk dat de chlorideconcentraties in grondwater in de winter lager zijn vanwege de grotere invloed van regen, maar hiervan zijn geen meetgegevens. Aan de andere kant zorgt verdamping voor een verhoging van de chlorideconcentratie in het oppervlaktewater.

	Cl (mg/l)
Regenwater	3
Oppervlaktewater Hoefsven	15
Grondwater	44
Percentage grondwater	29%

Tabel 6 Chlorideconcentraties in regenwater, grondwater en oppervlaktewater en de daaruit berekende bijdrage van regenwater aan het oppervlaktewater.

Als de totale instroom via grondwater een gevolg is van peilfluctuatie, kan daarmee 55 cm peilfluctuatie worden verklaard. Dit ligt tussen het gemiddelde peilverschil in de peilbuizen (50 cm) en de informatie van de gemeente (75 cm).

3.2.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

In/uit	Posten	mm/jaar	m ³ /jaar	Aandeel (%)	Betrouwbaarheid
In	Neerslag	769	11.797	71	A
In	Inlaat	0	0	0	
In	Drainage	0	0	0	
In	Kwel	325	4.979	29	C
Uit	Verdamping	-727	-11.141	67	B
Uit	Uitlaat	0	0	0	
Uit	Infiltratie	0	0	0	
Uit	Wegzijing*	-368	-5.635	33	E
In / Uit	Berging	0	0	0	B
	Netto	0	0	0	

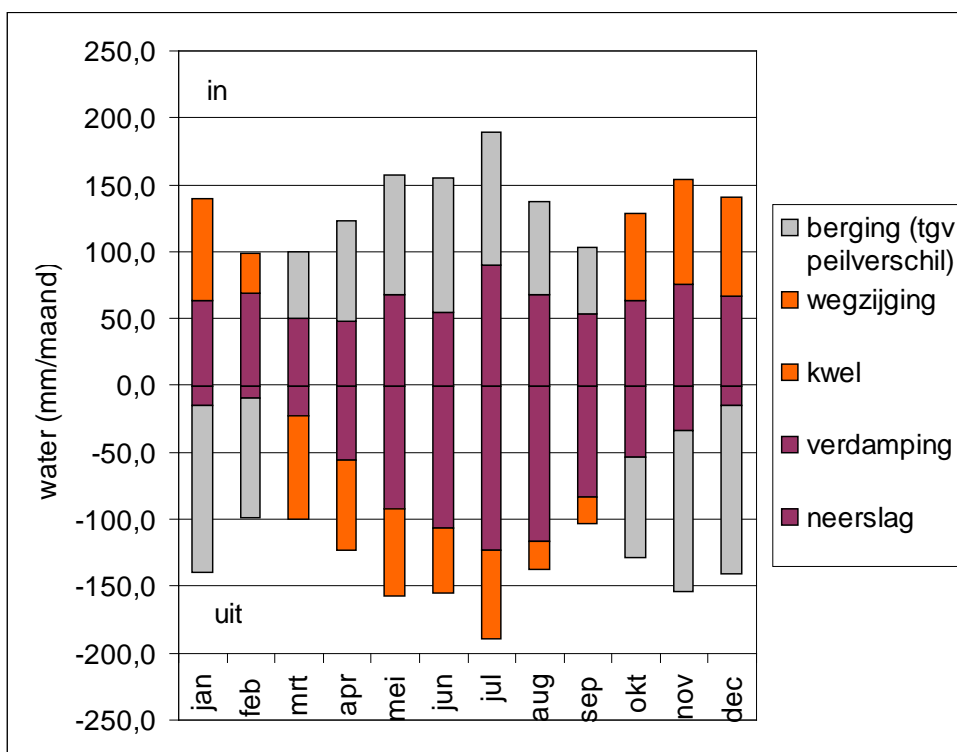
Tabel 7 toont de waterbalans voor het Hoefsven op basis van beschreven uitgangspunten. Het is een eenvoudige balans, waarin neerslag en verdamping de belangrijkste factoren zijn. In Figuur 12 zijn de maandgegevens te zien. Daaruit blijkt dat kwel alleen in de winter optreedt, terwijl de wegzijing in de zomer plaatsvindt.

In/uit	Posten	mm/jaar	m ³ /jaar	Aandeel (%)	Betrouwbaarheid
In	Neerslag	769	11.797	71	A
In	Inlaat	0	0	0	
In	Drainage	0	0	0	
In	Kwel	325	4.979	29	C
Uit	Verdamping	-727	-11.141	67	B
Uit	Uitlaat	0	0	0	
Uit	Infiltratie	0	0	0	
Uit	Wegzijing*	-368	-5.635	33	E
In / Uit	Berging	0	0	0	B
	Netto	0	0	0	

Tabel 7 Resultaat: waterbalans

* sluitpost

De betrouwbaarheid is ingeschat op basis van de methodiek van CORINAIR (zie bijlage 2), een methode die in de emissieregistratie wordt gebruikt. A betekent een hoge betrouwbaarheid, E betekent een lage betrouwbaarheid.



Figuur 12 Waterbalans per maand

3.3 STOFFENBALANS

3.3.1 METHODEN EN GEGEVENS

Naast de data die zijn gebruikt voor de waterbalans, is voor het berekenen van de interne belasting gebruik gemaakt van de bodemgegevens van B-Ware op basis van de bemonstering in juli 2010 in het kader van dit project.

De volgende bronnen zijn van belang:

- Depositie , gebaseerd op landelijke cijfers van RIVM (Stolk et al., 2001): 0,05 g P/m²/jaar.
- Kwaliteit van kwel en nalevering vanuit waterbodem (deze posten zijn moeilijk te scheiden)
- Bladinval

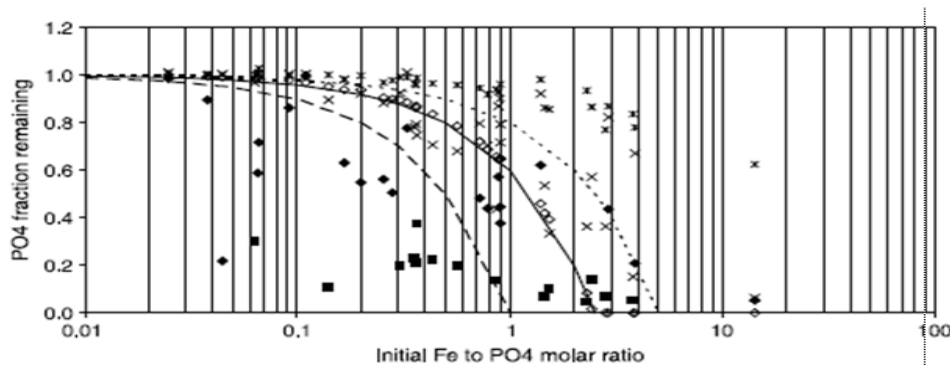
Voor wegzijging wordt de kwaliteit van het Hoefsven zelf genomen.

Bijdrage van kwelwater

De concentratie in het kwelwater wordt bepaald op basis van grondwatergegevens in de nabije omgeving. Er is in de buurt 1 peilbuis (afstand 500 m), waarin uitgebreid grondwaterkwaliteit is gemeten. Er zijn alleen gegevens van het zomer haljaar tot 1998 beschikbaar, maar wel in het ondiepe grondwater (filter op 4-5 meter). Uit deze gegevens blijkt dat de P-PO₄ concentraties in het grondwater (0,05 mg P/l) aanzienlijk hoger liggen dan in het oppervlaktewater (<0,01 mg P/l). Naast de gegevens over grondwater heeft B-Ware in het poriewater 0,08 tot 0,12 mg P/l gemeten.

Voor de berekening van de nutriëntenbelasting door kwel is aangenomen dat de concentratie in ondiep grondwater (0,05 mg P/l) ook de concentratie is die in het oppervlaktewater terechtkomt. Dit is lager dan

de metingen in poriewater, maar P wordt waarschijnlijk voor een deel aan het sediment/wateroppervlak gebonden door oxidatie van ijzer. De molaire Fe/P-ratio in het grondwater is 1,6. Uit onderzoek van Griffioen et al. (2006) blijkt dat in aëratie-experimenten een Fe/P-ratio van 1,6 in anaëroob grondwater leidt tot een grote spreiding in de overblijvende P-concentratie in oplossing (Figuur 13). De Fe/P-ratio in poriewater is ongeveer 10, hetgeen een nog hogere vastlegging zou kunnen betekenen.



Figuur 13 Model berekeningen en experimentele data van de fractie PO_4 die in oplossing blijft na aëratie (Griffioen et al., 2006).

Voor wegzijging worden de oppervlaktewatergegevens gebruikt. Deze set is behoorlijk compleet voor het Hoefsven. Er is geen trend te zien in de totaal P en totaal N-concentraties. Wel lijkt de spreiding de laatste twee jaar iets groter te worden.

Bladinval betreft naar schatting 25 g blad/m²/jaar (berekend op basis van tabel 7 in Schoumans et al., 2008). In dit rapport wordt 10-40 g/m²/jaar voor beken aangenomen met 5% N en 0,5% P. Hoewel het Hoefsven geen beek is, is het dusdanig smal en sterk bebost dat een gemiddelde waarde voor een beek een redelijke aanname is. Blad levert echter nauwelijks direct beschikbare nutriënten. Het zal na verloop van tijd naar de bodem zinken en langzaam afbreken. Bladinval vormt geen directe belasting van het oppervlaktewater. Het moet gezien worden als detritus, hetgeen pas vrijkomt na afbraak in het water en wordt dus na verloop van tijd als bron van interne belasting meegenomen. Bladinval is daarom meegenomen in een losse post 'baggeraanwas'. Deze post wordt meegenomen in de berekening van nutriëntengehalten in de bodem in de tijd (autonome ontwikkeling).

Als bladval de enige bron van baggeraanwas zou zijn, zou dat resulteren in een volledig organische bodem. Dat is niet het geval, dus er wordt naast 25 g/m² bladval nog 200 g/m² zandig materiaal door oevererosie verondersteld in de slibdiagnose.

3.3.2 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Tabel 8 geeft de stoffenbalans weer. Op basis van depositie, instroom- en uitstroom van grondwater geeft de balans aan dat er ophoping in de bodem plaatsvindt, nog los van de bladinval. Daarbij is wel verondersteld dat de concentraties in het grondwater ongewijzigd in het oppervlaktewater terecht komen. Er is dus geen rekening gehouden met vastlegging van P aan ijzeroxiden of met verdwijning van stikstof via denitrificatie.

In/uit	Posten	Vrachten (kg/jr)		Belasting (g/m ²)		Aandeel bron (%)	
		Ntot	Ptot	Ntot	Ptot	Ntot	Ptot
In	Depositie	47	0,8	3,08	0,05	32	75

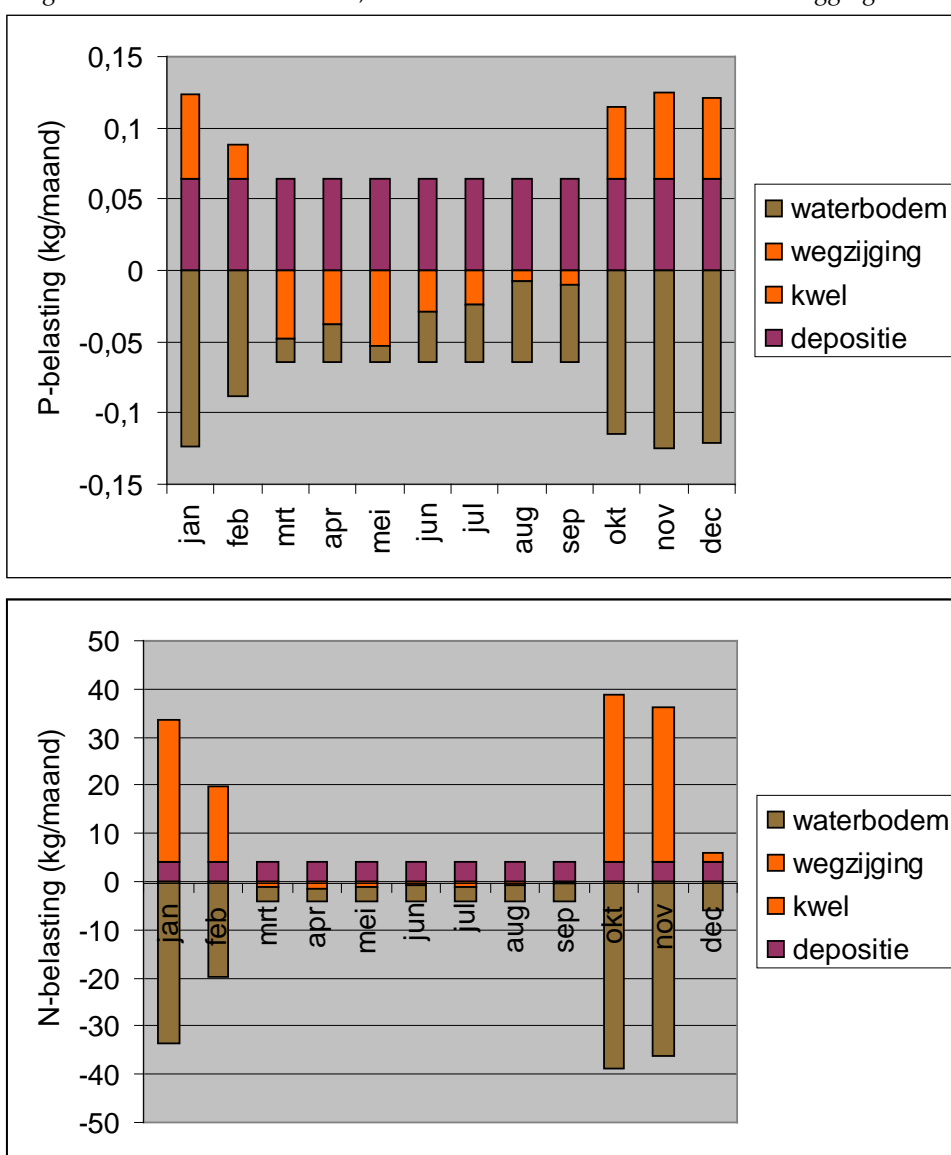
In	Kwel	98,4	0,25	6,42	0,02	68	25
In	Bladinval*	19,2	1,9	1,25	0,13		
Uit	Interne processen waterbodemb*	-140	-0,81	-10,1	-0,05	96	79
Uit	Uitlaat	0	0	0	0		
Uit	Wegzijing	-5,6	-0,21	-0,37	-0,014	4	21
	Netto	0	0	0	0		

Tabel 8 Stoffenbalans

* wel vermeld, maar uiteindelijk niet in de balans meegenomen (zie tekst 3.3.1)

** sluitpost

In Figuur 14 zijn de posten per maand weergegeven. De waterbodemb is in deze figuur als restpost meegenomen. Vooral in de winter, maar ook in de zomer is er een netto vastlegging in de waterbodemb.



Figuur 14 De P- (boven) en N-balans (onder) van het Hoefsven.

3.4 INTERNE EN EXTERNE BELASTING (G/M²/JAAR)

In 3.3.2 zijn de totale belastingen weergegeven. In deze paragraaf worden de totale externe en interne belasting gepresenteerd in g/m²/jaar (i.p.v. kg/maand zoals in bovenstaande figuren), evenals de kritische belasting die het systeem kan verdragen.

De totale externe belasting is: 0,07 g P/m²/jaar of 0,19 mg P/m²/dag

De netto interne belasting is: -0,054 g P/m²/jaar of -0,15 mg P/m²/dag (geschat als restpost).

Een negatieve belasting betekent dat er P in de bodem wordt opgeslagen. Op lange termijn zou dit problemen kunnen geven tenzij er voldoende ijzer wordt aangevoerd om P continu vast te leggen. Behalve de verhouding tussen interne en externe belasting is het vraag of de totale belasting problematisch hoog is. Dit kan ingeschat worden door de kritische belasting voor het Hoefsven te berekenen. Normaal gesproken wordt in BaggerNut de kritische belasting bepaald met het PC Lake metamodel (Witteveen+Bos, 2010). Het PC Lake metamodel is een vereenvoudigde versie van PC Lake, waarin de belangrijkste parameters moeten worden ingevoerd. Dat levert naast de onzekerheid van PC Lake zelf een extra onzekerheid op van ca. 20%. Het Hoefsven ligt echter ver buiten de randvoorwaarden van het metamodel. Belangrijkste onzekerheid is de variabele diepte (0,5 tot >4 meter). Tabel 9 laat verder zien dat strijklengte en debiet onder de range zitten, dat de N/P-ratio hoger is dan de aangenomen ratio van 34 en dat er 60 cm peilfluctuatie is in plaats van een stabiel peil. Tenslotte zijn de bodemmonsters zeer heterogeen als het gaat om organische stof- en droge stofgehalten. In principe ligt er een zandbodem, maar sommige delen van de bodem bevatten een organische stofrijke sliblaag.

	INVOER	range	opm.
diepte (m)	4	0.5-4m	
aandeel moeras (m ² /m ²)	0,25	0-2	
strijklengte (m)	100	~300-4000m	
debiet in (mm/d)	3,2	4-200 mm/d	
extinctie (-)	0,5	0.25-2	standaard = 0.5
sedimenttype	6	klei = 1, veen = 5, zand = 6	
<i>vaste uitgangspunten</i>			
N/P-ratio = 34	Hoefsven: 72		
peilfluctuatie = 0	Hoefsven: 60 cm		
check verblijftijd			
1250 dagen			

Tabel 9 Invoergegevens Hoefsven voor PC Lake Metamodel (Witteveen+bos, versie 0.1 beta, dd. 15 april 2010).

Als gerekend wordt met een worst case scenario van 4 meter diepte is de kritische belasting die er voor zorgt dat een heldere plas troebel wordt 0,65 mg P/m²/dag. Voor de omgekeerde route (van troebel naar helder) mag de belasting niet hoger zijn dan 0,34 mg P/m²/dag. Ook voor dit worst case scenario ligt de externe belasting (0,19 mg P/m²/dag) in het Hoefsven nog aanzienlijk lager dan de berekende kritische belastingen bij 4 m diepte.

4 Slibdiagnose

De gegevens van het Hoefsvan zijn ingevoerd in de Bodemdiagnosetool versie 1_22. De ingevulde Bodemdiagnose wordt meegestuurd met dit rapport. Het werkblad invoer is volledig ingevuld. Voor een aantal invoerparameters zijn keuzes gemaakt:

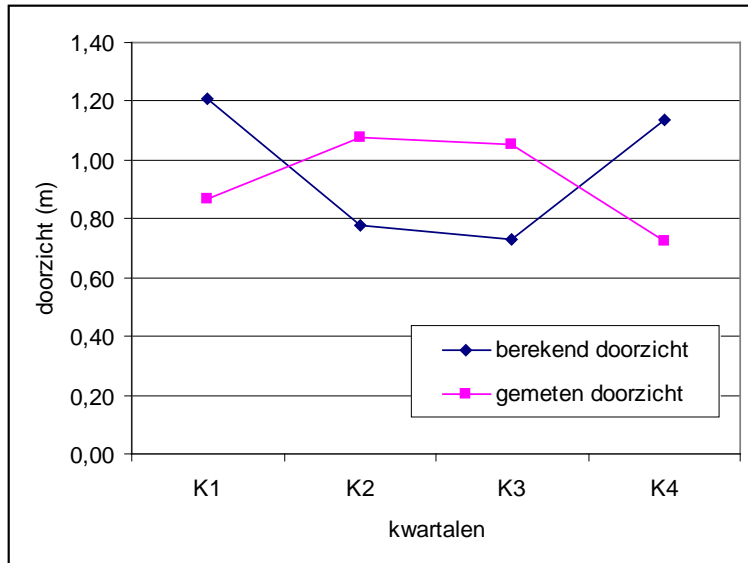
- gemiddelde diepte is 3,5 m;
- de sediment en poriewatermonsters zijn allemaal genomen in de ondiepe delen waar een dunne of afwezige sliblaag wordt gerapporteerd;
- ondanks een niet homogene verdeling van de bodemmonsters zijn de gemiddelde gehalten van de 5 monsters genomen. Dat geldt ook voor de poriewatermonsters;
- de bodem is gekarakteriseerd als zandig en stevig.

Nadat alle gegevens waren ingevoerd is de uitslag van de eerste diagnose gecheckt. Op basis van de Fe/P-ratio, het zomergemiddelde doorzicht en chlorofyl wordt een eerste indicatie gegeven of het uitvoeren van de bodemdiagnose zinvol is. Alle criteria scoren de middelste van de 3 geformuleerde categorieën. Dit leidt tot de conclusie dat het zinvol is om de Bodemdiagnose uit te voeren en zowel naar nutriënten (algen) te kijken als naar (anorganische) zwevende stof (tabel 10).

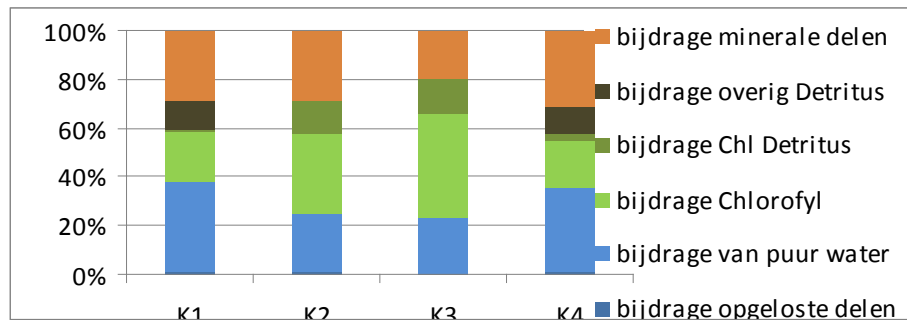
Nalevering	Doorzicht	Chlorofyl	Oordeel
Mogelijk relevant	matig	middel	BD voor nutriënten en zwevend stof

Tabel 10 Resultaat van de eerste diagnose.

De meest eenvoudige vervolgstap is een analyse van het doorzicht. Werkblad ' 2, 3-Zweve stof en doorzicht' maakt op basis van de invoer en op basis van rekenregels onderscheid tussen de verschillende fracties. Met de regressievergelijking, waarin de verschillende componenten zijn opgenomen (water, DOC, chlorofyl, detritus en minerale delen), wordt het doorzicht berekend. Figuur 15 toont het berekende en gemeten doorzicht. De berekening is qua orde grootte gelijk aan de meting, maar het seizoensverloop is niet vergelijkbaar. Daarbij moet worden aangemerkt dat veel meetwaarden een >teken hebben. De metingen zijn daardoor moeilijk te interpreteren. De bijdrage van de berekende componenten aan de lichtuitdoving is weergegeven in figuur 16. Over het jaar heen zijn water, chlorofyl en minerale delen allen goed voor een bijdrage van ca. 30%. Zowel reductie van algen als reductie van anorganische zwevende stof, zal leiden tot helderder water.



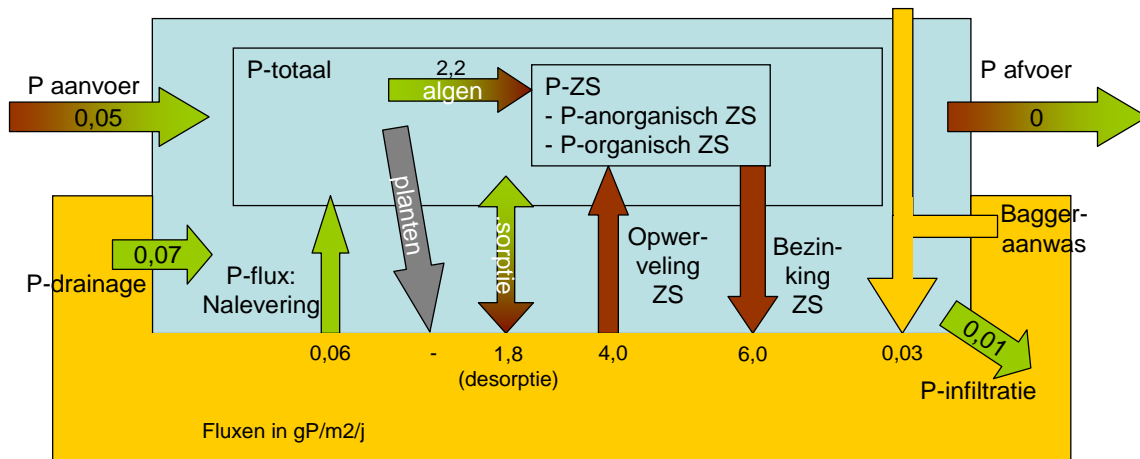
Figuur 15 Het gemeten doorzicht in het Hoefsvan versus het berekende doorzicht (het gemeten doorzicht wordt beïnvloed door >1m-waarden, die als 1 zijn meegenomen).



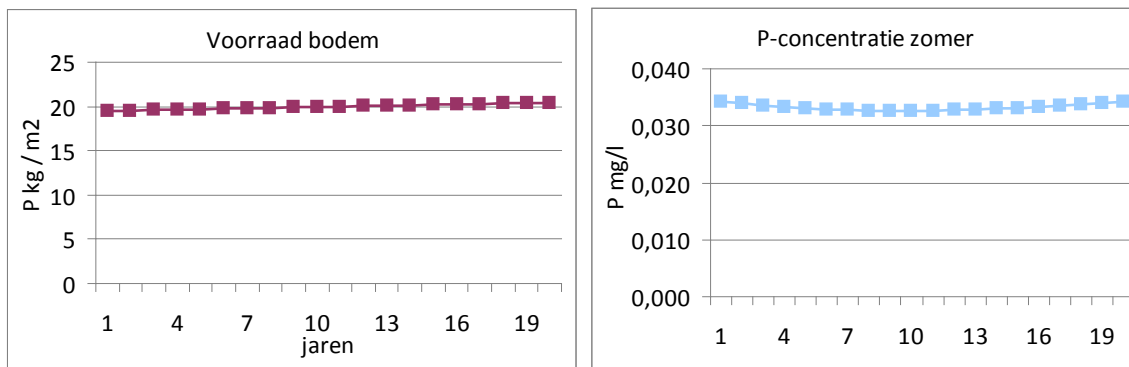
Figuur 16 De bijdrage van verschillende componenten aan de lichtuitdoving.

Vervolgens zijn de resultaten van de balansberekening voor de huidige situatie bekeken. Voor de balans wordt gebruik gemaakt van de poriewatergegevens. Het is opvallend dat de berekende flux op basis van de Fe/P-ratio veel hoger is (3,46 g/m²/jaar) dan op basis van poriewater (0,06 g/m²/jaar). De lage flux die wordt berekend op basis van poriewater werd bevestigd in de kolomproeven van B-Ware en past dus goed in de vergelijking. Het is nog wel mogelijk dat, vanwege een dikkere sliblaag, poriewaterconcentraties in de diepe delen hoger zijn. In de stoffenbalans in hoofdstuk 3 (tabel 8) is de netto flux -0,05 g P/m²/jaar. Dit is echter een resultante van alle interne processen. In de Bodemdiagnose zijn deze processen uit elkaar gehaald.

In figuur 17 zijn alle externe en interne fluxen voor de huidige situatie weergegeven. Echter de externe P-belasting van 0,12 g/m²/jaar en een interne flux van 0,06 g/m²/jaar kunnen onmogelijk verantwoordelijk zijn voor de algengroei die in het Hoefsvan wordt waargenomen; de algen gebruiken ruim 2 g P/m²/jaar. Het gat tussen belasting en algengroei is in de Bodemdiagnose gecorrigeerd door desorptie te veronderstellen. In dit geval is de desorptie erg groot. Wellicht wordt deze overschat indien er sprake is van microstratificatie. De algenproductie wordt namelijk berekend op basis van de chlorofylconcentratie, waarbij wordt aangenomen dat de chlorofylconcentratie homogeen is verdeeld. In ondiepe meren geldt dat bij benadering, maar in het Hoefsvan zou dat kunnen afwijken.



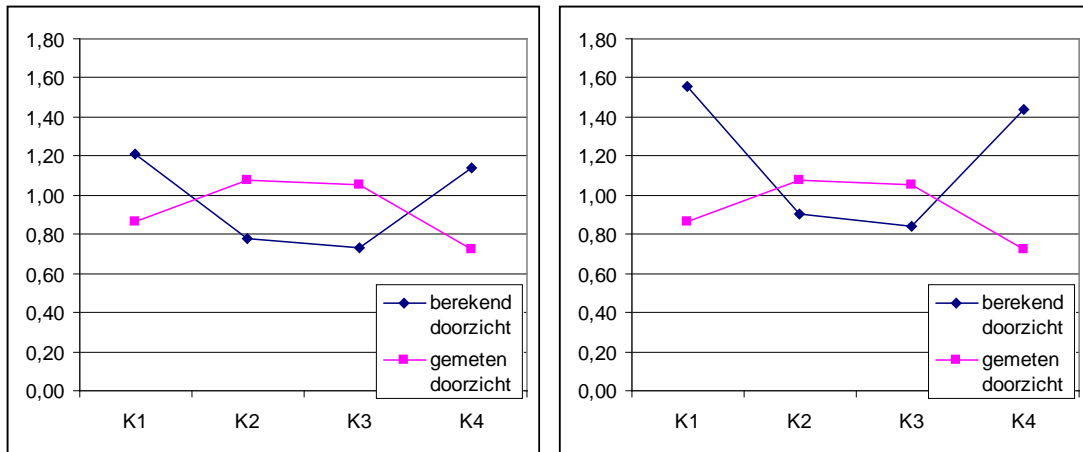
Figuur 17 De door de bodemdiagnose berekende fluxen voor de huidige situatie in het Hoefsven.



Figuur 18 De autonome ontwikkeling voor de P-concentratie in oppervlaktewater en in de bodem.

Nadat de huidige situatie is berekend, wordt de autonome ontwikkeling berekend. Figuur 18 toont dat zowel de concentraties in de bodem als de concentraties in het oppervlaktewater nauwelijks veranderen gedurende 20 jaar. De P-gehalten in de bodem lopen heel langzaam op, hetgeen het resultaat is van een iets grotere aanvoer dan afvoer. De zomerconcentraties dalen aanvankelijk heel licht en lopen daarna weer iets op.

De P-concentraties en de belastingen zijn zeer laag. Maatregelen kunnen nauwelijks leiden tot lagere concentraties. Toch weten algen voldoende P te vinden om te groeien. De Bodemdiagnose kan geen uitsluitsel geven waar deze P vandaan komt. Ook de concentraties anorganische zwevende stof (ca. 5 mg/l) zijn zodanig laag dat weinig reductie is te verwachten. Met het wegvangen van 50 kg vis/ha, zou theoretisch een reductie van 3 mg/l bereikt kunnen worden. Figuur 19 toont het berekende doorzicht bij 2 mg/l anorganische zwevende stof. In de winter levert dit nog wel wat rendement op, maar in de zomer is chlorofyl de belangrijkste oorzaak van de lichtuitdoving.



Figuur 19 De berekende toename van het doorzicht als de anorganische zwevende stof met 3 mg/l afneemt ten gevolge van visbeheer (het gemeten doorzicht wordt beïnvloed door >1m-waarden, die als 1 zijn meegenomen).

5 Conclusie: effect waterbodem

Het doel van de watersysteemanalyse is tweeledig:

1. Input leveren voor de (ontwikkeling van de) bodemdiagnose-tool;
2. Inzicht geven in het functioneren van het watersysteem en de rol van de waterbodem hierin.

De watersysteembalans geeft aan dat de waterkwaliteit in het Hoefsvan wordt bepaald door regenwater (66%) en grondwater (34%). De instroom van grondwater in het Hoefsvan gebeurt vooral in het winterhalfjaar, omdat dan het grondwaterpeil stijgt. De externe belasting (inclusief kwel) is laag, ook als wordt verondersteld dat P-concentraties in het grondwater ongewijzigd in het oppervlaktewater terecht komen. Hoewel de berekening van de kritische belasting voor dit water erg onbetrouwbaar is, lijkt de externe belasting niet snel voor een omslag naar troebel water te zorgen. De waterbodem functioneert als netto 'sink' voor fosfor, maar bevat nog altijd zeer lage P-gehalten. De Fe/P-verhouding ligt ongeveer op het omslagpunt en zou idealiter nog wat hoger moeten zijn.

De (bruto) nalevering gemeten door B-ware is zeer laag: 0,06 g/m²/jaar. De nalevering van de waterbodem is bepaald door de bodemmonsters die door B-ware zijn genomen. Die monsters zijn op de ondiepe plekken zijn genomen. Hier is een geringe sliblaag aangetroffen. In figuur 9 is aangegeven dat er een sterk verband bestaat tussen OS en P-totaal. Als op diepe plekken meer slib aanwezig is, zal er meer P-totaal aanwezig zijn, waardoor de potentiële nalevering uit de waterbodem mogelijk hoger is dan is berekend op basis van de bodemmonsters. Echter, nog steeds blijft de concentratie in het oppervlaktewater dermate laag dat de blauwalgenbloei niet zonder meer verklaard kan worden. Een andere mogelijkheid is dat er in de zomer af en toe stratificatie optreedt waardoor tijdelijk PO₄ vrijkomt uit de bodem die voor kortstondige verhogingen van P en daardoor voor bloei van algen kan zorgen.

Ondanks de lage P-concentraties en de lage nalevering worden relatief hoge chlorofylgehalten aangetroffen (tot 150 µg chlorofyl-a/l). 150 µg Chlorofyl/l zorgt voor 0,1 mg P/l. De totaal P-concentraties komen echter niet boven 0,07 mg/l. Net zo min als de doorzichten kunnen ook de chlorofylconcentratie en P-totaalconcentraties niet tegelijk waar zijn. Deze chlorofylconcentraties zijn vrij wel geheel verantwoordelijk voor de totaal-P-concentraties in oppervlaktewater. Opvallend is dat het doorzicht goed blijft, hetgeen bijna onmogelijk is bij dergelijk chlorofylconcentraties. Bovendien is het doorzicht in de zomer hoger dan in de winter. Beide zaken zijn zodanig onwaarschijnlijk dat de betrouwbaarheid van de meetdata mag worden betwijfeld. Voordat verder aan maatregelen wordt gedacht is het verstandig om dit probleem eerst op te helderen.

De slibdiagnose laat zien dat de externe belasting en de interne belasting berekend op basis van poriewater veel te weinig fosfaat leveren om de relatief hoge chlorofylconcentraties te kunnen verklaren. In de slibdiagnose is een desorptie gebruikt om het benodigde fosfaat te kunnen 'leveren'. Mogelijk zijn er

toch nog andere bronnen, zoals afspoeling tijdens groter regenbuien of eendenvoer. Visvoer lijkt niet zo waarschijnlijk, omdat het Lido direct naast het Hoefsven wordt gebruikt als visplas.

5.1 AANBEVELINGEN

De belangrijkste aanbeveling is er voor te zorgen dat er duidelijkheid is over oppervlaktewaterringen. Verder bevatten de waterbalans en de externe belasting via grondwater nog de nodige onzekerheden. Door een betere monitoring van peil, chlorideconcentraties en het meten van grondwaterconcentraties dichtbij de locatie zou die onzekerheid kunnen worden verkleind, maar gezien de lage externe belasting en de lage P-gehalten in de waterbodem is sturen op fosfor eigenlijk geen optie. Ook het verwijderen van blad lijkt niet direct een grote verbetering op te kunnen leveren; er ligt geen dikke organische laag op de bodem. De bodemdiagnose-tool levert een interessant eerste inzicht voor dit systeem. De specifieke condities ((klein, zeer beschut en een sterke variatie in diepte; mogelijk treedt er stratificatie op) vragen echter om meer maatwerk.

Blauwalgen

Dit rapport is primair gericht op het kwantificeren van de bijdrage van de waterbodem aan eutrofiering. Het antwoord daarop is dat de bijdrage van de waterbodem gering is. Ook de door TAUW veronderstelde aanvoer van P uit het grondwater is juist in de zomer laag vanwege een geleidelijk dalende grondwaterstand. Die dalende grondwaterstand zorgt juist voor wegzijging in plaats van kwel. Door bodem en grondwater uit te sluiten als significante oorzaak, is het probleem echter niet opgelost. Daarom een korte toelichting op het blauwalgenprobleem en de daaraan gekoppelde oplossingsrichting.

Kleine ondiepe plassen warmen snel op naar hogere temperaturen. De temperatuur is in combinatie met een geringe waterbeweging al snel ideaal voor blauwalgen. Echter, P is laag en ook N is meestal te laag om blauwalgenontwikkeling mogelijk te maken, behalve voor Anabaena, maar het systeem wordt door Microcystis gedomineerd. Een laatste mogelijkheid is dat door opwarming overdag microstratificatie plaatsvindt, die Microcystis in de hand speelt. Deze kan daardoor profiteren van zijn drijfvermogen en voor drijfzorg zorgen.

De blauwalgen zijn waarschijnlijk het best te bestrijden door het water in beweging te zetten. Als dat alleen overdag (en evt 's avonds) gebeurt, zijn de Microcystis kolonies de volgende morgen weer terug. Als je echter continu blijft mengen (en dat gedurende minimaal 6 weken, hoewel er nooit is aangetoond hoe lang nodig is voor permanente verwijdering) dan zal Microcystis langer wegblijven.

6 Referenties

ATKB, 2011. Visstandonderzoek Hoefsvan 2010. Rapport ATKB:20100286/01.

Griffioen, J. (2006) Extent of immobilisation of phosphate during aeration of nutrient-rich, anoxic groundwater. *Journal of Hydrology* 320: 359–369.

Schoumans, O.F., P. Groenendijk, L. Renaud & F.J.E. van der Bolt, 2008. Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Vergelijking tussen landbouw- en natuurgebieden. Wageningen, Alterra, Alterrapport 1700.

Stolk AP. (2001). Landelijk meetnet regenwatersamenstelling, meetresultaten 2000. RIVM rapport 723101 057/2001.

Tauw, 2010. Blauwalgenrapportage van de zwemlocatie het Hoefsvan te Waalwijk. Projectnr. 4649722.

Bijlage 1 Methodebalansen

WATERBALANS

Periode: interval en jaar

- Er wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande gegevens mits er geen grote veranderingen in het systeem zijn opgetreden. Dit betreft metingen, reeds opgestelde waterbalansen, reeds uitgevoerde modelberekeningen in bijvoorbeeld SOBEK (Fryslan) of Delft3D (Rijnland)
 - Het analyseren van het watersysteem kan op verschillende manieren. De meestgeschiktemethode is afhankelijk van de:
 - locatiespecifiekekenmerken
 - vragen vanuit het waterschap
 - beschikbare informatie van het systeem.
- Waterbalansen worden in eerste instantie opgesteld op basis van kwartalen. Dit sluit aan bij de KRW-verkenner en bij de aanpak in uitspoelingsmodellen zoals Nutricalc, IwanH. Achtergrond hiervan is onder andere dat uitspoelingsvrachten sterk variëren per kwartaal. De keuze voor kwartalen is geen harde keuze. Indien gegevens te beperkt zijn wordt aangeraden om minimaal onderscheid te maken tussen winterhalfjaar (okt-mrt) en zomerhalfjaar (apr-sept). Ditsluitaanbij KRW.
- Voor de locaties die met het nutriëntenscreeningmodel worden doorgerekend, wordt de water- en stoffenbalans op maandbasis vastgesteld, omdat de fluctuatie door het jaar heen dan beter te bepalen is. Indien maandbasis niet mogelijk is i.c.m. het screeningmodel zal dit in het rapport voor de betreffende locatie worden gemotiveerd.
- Afhankelijk van de beschikbaarheid van gegevens wordt een waterbalans gemaakt voor (in voorkeursvolgorde):
 - Gemiddeld. Als alle posten bekend zijn voor een groot aantal jaren kunnen gemiddelden per post berekend worden, waarna vervolgens de hele balans opgesteld worden.
 - Indien niet alle posten bekend zijn of de set gegevens maar voor een beperkt aantal jaren beschikbaar is wordt per jaar een balans opgesteld, vervolgens kan deze balans voor meerdere jaren opgesteld worden.
 - Specifiekjaar
 - Samenraapsel van jaren en gemiddelden
- Op de balansen worden brutoposten vermeld. De basis gegevens mogen een veel hoger detailniveau (bijv. wateraan- en afvoer op dagbasis) hebben dan het niveau waarop de balansen worden bepaald. Dit is afhankelijk van de beschikbaarheid van gegevens.

Begrenzing

Als begrenzing wordt in principe de rand van het waterlichaam gekozen.

Met name voor poldersystemen en kanaalsystemen die wateraan- en afvoer regelen naar een achterliggend gebied zal de keuze van de begrenzing goed overwogen moeten worden. In een dergelijk systeem zal in het winterhalfjaar de waterafvoer belangrijker zijn dan in het zomerhalfjaar. Soms kunnen de stromingsrichtingen zelfs omkeren. Het is lastig om een dergelijk waterlichaam los te beschouwen van de sloten of kanalen waarnaar/waarvan het water afvoert. Vaak zijn de inlaten en de uitlaten onbekend. Wanneer inlaten en uitlaten onbekend zijn kan overwogen worden om de waterbalans op een ander schaalniveau op te stellen. Bijvoorbeeld voor alle waterlopen in een bepaalde afwateringseenheid. Voordeel hiervan kan zijn dat op deze schaal de aan- en afvoerposten beter ingeschat kunnen worden en het hele systeem beter begrepen wordt. Ook kan er op deze manier beter onderscheid gemaakt worden tussen gebiedseigen en gebiedsvreemd water. Nadeel van een dergelijke aanpak is dat de situatie in het waterlichaam zelf minder goed bekend is. Een voorbeeld van een dergelijke aanpak is toegepast in de

WSA van rivierenland. Door middel van kaartbeelden van water- en waterbodemkwaliteit is hier toch inzicht gegeven in de waterkwaliteit en waterbodemkwaliteit op een kleiner schaalniveau. De keuze van de begrenzing moet optimaal gekozen worden voor zowel de water- als stoffenbalans.

Beoordeling van de betrouwbaarheid

Bij de classificatie van de kwaliteit van de informatie wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze die in de publicatiereeks Emissieregistratie wordt aangehouden [Van de Most, 1998]. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (COReemissionInventories AIR). Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames.

Eenheden

De waterbalans wordt zowel in mm als in m³ per tijdseenheid (afhankelijk hoe de balans wordt opgesteld) weergegeven. Bij voorkeur wordt ook aangegeven welk % de post bijdraagt aan de aan- of afvoer van water.

Neerslag en verdamping

Afhankelijk van de temporele resolutie van de balans is het mogelijk o.b.v. van onderstaande methoden neerslag en verdamping voor een specifiek jaar te berekenen of een gemiddelde te berekenen voor een langere periode

- Neerslag en verdamping uit een bestaand model van het balans gebied gebruiken.
- Neerslag en referentiegewasverdamping bepalen o.b.v. dichtstbijzijnde KNMI stations.
- Voor gemiddelde jaren op een gemiddelde locatie in Nederland zijn neerslag en verdampingsgetallen in mm/jaar berekend (tabel 1). Indien neerslag en verdamping niet een heel belangrijk aandeel hebben in de totale balans kan gebruik gemaakt worden van deze.
- De referentiegewas verdamping moet vervolgens omgezet worden naar openwater verdamping. Hiervoor zijn verschillende methoden mogelijk:
 - Als verdamping een belangrijk post is (vooral bij meren) kan gebruikt gemaakt worden van De Bruijn en Keijman (http://www.stowa.nl/Uploads/publicaties/Rapport%202009-11_LR.pdf 5).
 - verdamping of open waterverdamping Penman-Monteith (zie Droogers, 2009).
 - In het geval van een relatief klein aandeel van verdamping op de totale balans kan de makkelijk factor voor openwaterverdamping gebruikt worden (cultuurtechnisch vademecum: factor 1.25)

naam eenheid	neerslag mm/maand	verdamping* mm/maand
Jan	71	15
feb	73	9
mrt	63	23
apr	41	55
mei	65	92
jun	56	106
jul	100	123
aug	89	116
sep	73	83
okt	77	54
nov	82	34
dec	72	15

Kwel/wegzijing

- Bepalen o.b.v. van bestaande kaarten / modellen van de locatie
- Wateratlas van een provincie
- Op basis van het NHI, het betreffende waterschap moet deze gegevens dan wel beschikbaar hebben
- Schatting van het waterschap
- Als restpost mits de overige posten en het waterpeil goed bekend zijn.

Infiltratie / drainage

- Bepalen o.b.v. van bestaande modellen van de locatie
- Op basis van het NHI, het betreffende waterschap moet deze gegevens dan wel beschikbaar hebben (niet heel betrouwbaar)
- Schatting van het waterschap
- Als restpost mits de overige posten en het waterpeil goed bekend zijn.

Inlaat en uitlaat vanuit aanliggend oppervlaktewater

- Meetgegevens (debieten x draaiuren x capaciteit) van kunstwerken
- Eeninschatting door het waterschap
- Respost indien de overige posten goed bekend zijn

Berging

Indien het peilbeheer van het watersysteem goed wordt gemonitord in dezelfde frequentie als de overige waterbalansposten.

Sluiten van de balans

Het zal vaak voorkomen dat de waterbalans wordt geschat op basis van meerdere onzekere posten. Met behulp van chlorideconcentraties kan de waterbalans gecheckt worden. Het is dan wel nodig om de concentraties in de aanvoerstromen te kennen. Regenwater bevat 3 mg Cl/L. Voor grondwater kan (indien er geen metingen zijn) aangenomen worden dat de chlorideconcentratie 40 mg Cl/L bevat in zandgebieden, 150 mg/L in rivierkleigebieden en 250 mg/L in zeeklei/veengebieden (zie ook figuur 1).

Het karakter van geïsoleerde systemen (vennen, plassen) die voornamelijk door grond- en regenwater gevoed kan worden bepaald met zogenaamde EGV-IR-diagrammen (zie figuur 2). De plek van het oppervlaktewater in het diagram kan worden bepaald door de ionenratio (IR) te berekenen volgens:

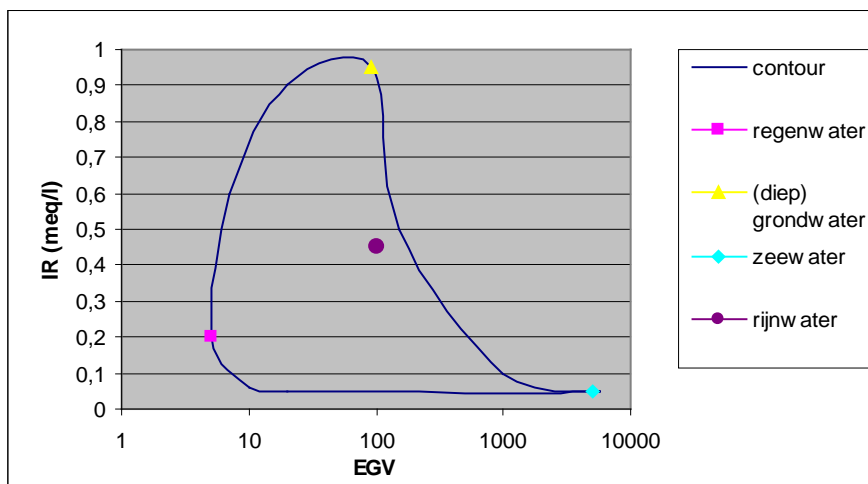
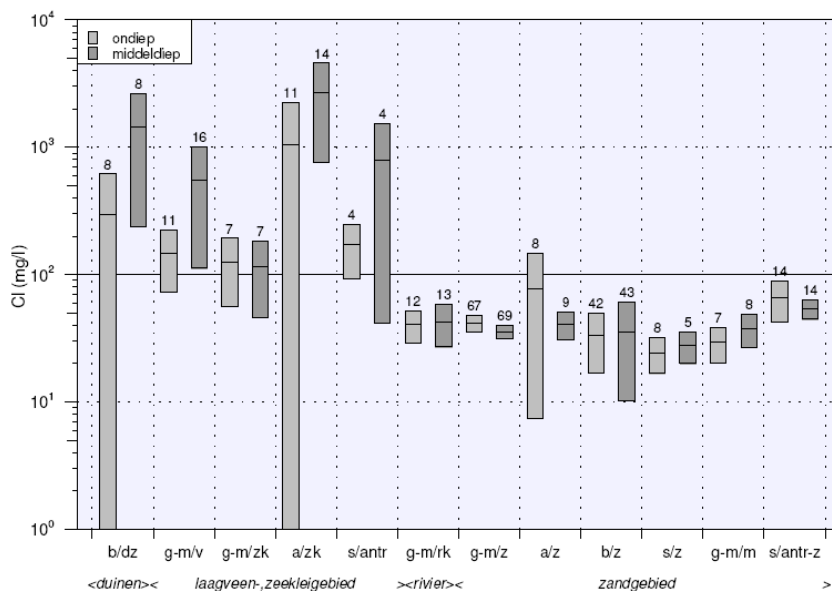
$$IR \text{ (meq/L)} = \frac{[\frac{1}{2}Ca^{2+}]}{[\frac{1}{2}Ca^{2+}] + [Cl^{-}]}$$

(met Ca en Cl in mmol/L) ofwel:

$$IR \text{ (meq/L)} = \frac{40 \times [\frac{1}{2}Ca^{2+}]}{40 \times [\frac{1}{2}Ca^{2+}] + 35 \times [Cl^{-}]}$$

(met Ca en Cl in mg/L)

De EGV wordt meestal regulier gemeten.



STOFFENBALANS

Op basis van de waterbalans wordt de stoffenbalans opgesteld. Het is daarbij van belang of de problemen gerelateerd zijn aan totaal P of aan opgelost P. Voor totale concentratie P in oppervlaktewater (zo is de KRW-norm gedefinieerd) is de rol van zwevend stof vaak van groot belang. Het transport van P naar de boezem of benedenstrooms water wordt vaak gedomineerd door het transport van zwevend stof (opgewervelde waterbodem) en niet door flux van opgelost P uit de waterbodem

Baggernut is vooral gericht op P, omdat N-rijke waterbodem zich in het algemeen snel ‘aanpast’ aan de externe belasting. Voor het functioneren van het ecosysteem is N echter wel van groot belang. Een reductie

van P-belasting kan zijn effect volledig missen als het systeem (mede) gelimiteerd wordt door stikstof, koolstof of silicium. Uit data van de Nederlandse meren blijkt dat de N:P-ratio sterk verandert tijdens de seizoenen, doordat stikstofconcentraties in de winter hoog, en in de zomer lager zijn. De verhoudingen liggen over het algemeen boven de 30 en zijn dus indicatief voor P-limitatie, behalve in Noord-Holland, waar ze gemiddeld tussen de 10 en de 20 schommelen. Loeb en Verdonschot (2008). Een ratio van 30 indiceert P-limitatie, maar dat hoeft zeker niet voor alle organismen het geval te zijn. N meenemen behalve als het een te grote extra inspanning is.

De methode voor de stoffenbalans hangt samen met de gekozen methode voor de waterbalans (zie boven).

Eenheden

De stoffenbalans wordt zowel in kg P en N als in g/m² per tijdseenheid (afhankelijk hoe de balans wordt opgesteld) weergegeven. Bij voorkeur wordt ook aangegevens welk % de post bijdraagt aan de aan- of afvoer van stoffen.

Inlaat / uitlaat

1) inlaat via gemalen:

Inlaat via gemalen is een duidelijk gedefinieerde waterstroom met een duidelijke richting (al kan dat verschillen tussen per seizoen):

- De belasting wordt gebaseerd op de totale concentratie in het inkomende of uitgaande water. De concentratie N-tot is gebaseerd op de som van N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂ en N-organisch. N Kjeldahl bestaat uit NH₄, NH₃ en Norganisch. De concentratie P-tot is gebaseerd op PO₄, P-mineralen in zwevend stof en organisch P.
- Voor inlaatwater is het nodig dat gegevens van hH3et ingelaten water nabij het gemaal beschikbaar zijn; voor uitgaand water wordt de kwaliteit van de Baggernut-locatie zelf genomen. Er wordt een gemiddelde kwaliteit (per kwartaal/maand) genomen over maximaal de laatste 10 jaar, tenzij er een duidelijke trend is. Dan wordt gemiddeld over recente jaren die een (redelijk) stabiel beeld geven.
- Soms is er geen kwaliteit bij het inlaatpunt bekend maar wel een beeld van de waterkwaliteit in bijvoorbeeld een bepaalde polder. Zeker als er weinig locatiespecifieke gegevens zijn, kan algemene kwaliteit betrouwbaarder zijn. Voor de WSA in Fryslan is voor inlaatwater uit polders gekozen om gebruik te maken van de algemene waterkwaliteit in deze polders.
- De belasting wordt verkregen door:

$$Belasting_x = \frac{Q_{water,x} \times C_{stof,x}}{oppervlak}$$

Waarin:

P = de belasting via bron x (g/m²/kwartaal)

Q = debiet via bron x (m³/kwartaal)

C = totale concentratie

Oppervlak = het oppervlak van het water (m²)

2) inlaat via vrije in- en uitstroom

Vrije in en uitstroom van water is niet altijd makkelijk te kwantificeren, vooral in systemen met een redelijke verblijftijd, waar sprake is van 'heen en weer' stromen ten gevolge van bijvoorbeeld wind. Bovendien kunnen (cumulatief) grote volumes uitstromen en weer instromen, hetgeen een theoretisch korte verblijftijd geeft in het betreffende deel van het systeem (bijv. Kleinvogelenzang in Rееuwijkseplassen). Uitgangspunt is echter dat dezelfde aanpak wordt gebruikt als voor gemalen.

- De belasting wordt gebaseerd op de totale concentratie in het inkomende of uitgaande water. De concentratie N-tot is gebaseerd op de som van N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂ en N-organisch. De concentratie P-tot is gebaseerd op PO₄, P-mineralen in zwevend stof en organisch P.
- Voor inlaatwater is het nodig dat gegevens van het instromende water beschikbaar zijn; voor uitgaand water wordt de kwaliteit van de Baggernut-locatie zelf genomen. Er wordt een gemiddelde kwaliteit (per kwartaal/maand) genomen over maximaal de laatste 10 jaar, tenzij er een duidelijke trend is. Dan wordt gemiddeld over een aantal jaren dat (redelijk) stabiel is.
- De belasting wordt verkregen door de concentratie in het inlaatwater te vermenigvuldigen met het watervolume.

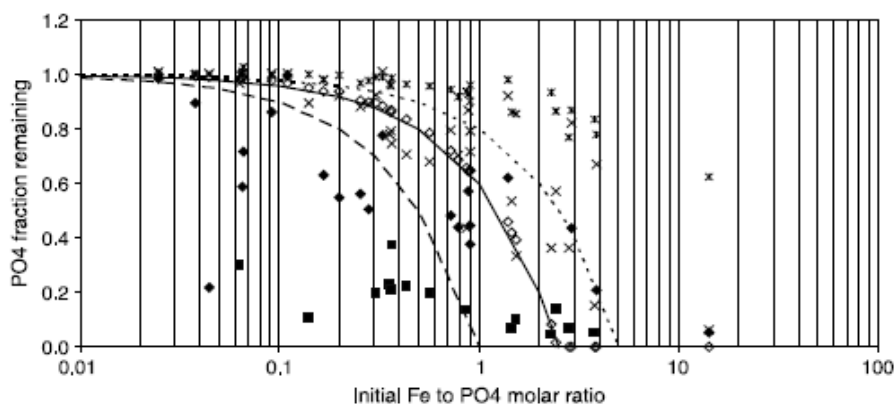
Neerslag

Er kan worden gerekend met de volgende concentraties N en P in neerslag: 0,0024 mg N /l en 0,000057 mg P/l. (Stolk, 2001). Deze kan met behulp van de bekende hoeveelheid neerslag omgerekend worden naar een belasting in g/m².

Kwel / wegzijging

Indien concentraties in het grondwater bekend zijn, is het aan te raden deze te gebruiken. Indien de waterbeheerder geen grondwatergegevens kan verstrekken kan in DINO gezocht worden naar representatieve peilbuizen met kwaliteitsgegevens in de buurt.

Indien mogelijk dienen zowel Fe als P-concentraties gebruikt te worden. Onderzoek bij het oxideren van anaeroob grondwater geven aan dat Fe(II) wordt omgezet in Fe(III)-oxiden en dat het P daaraan bindt. Figuur 3 geeft dat kwantitatief weer. Er kan een inschatting worden gemaakt hoeveel van het P in grondwater in oplossing blijft (remaining PO₄-fraction).



Landbouw en natuur (uitspoeling)

Voor het berekenen van de uitspoeling is er gebruikgemaakt van kentallen specifiek voor bodemtypen klei, zand en veen in combinatie met landgebruik (zie bijlage 6). De uitspoeling kan gekoppeld worden aan het areaal van de diverse combinaties. Deze uitspoeling kan toegekend worden aan het drainagewater. Afhankelijk van de gekozen begrenzing van het watersysteem is drainage en de bijbehorende uitspoeling vanuit landbouw en natuur een groter of kleiner onderdeel van de stoffenbalans. Uitspoeling vanuit landbouw en natuur kan ook verwerkt zitten in de term inlaat (zie boven).

INTERNE EN EXTERNE EN KRITISCHE BELASTING

Een grote uitdaging van dit project is dat de interne belasting goed wordt gekwantificeerd. Behalve met naleveringsexperimenten kan dat ook op basis van watersysteemkennis. In de watersysteemanalyse worden verschillende methoden gebruikt. Van complex naar eenvoudige zijn dat:

- het nutriëntenscreeningmodel
- PCLAKE
- Adhv nalevering vanuit adsorptiesites (schudexperimenten)
- Op basis van meetdata: totaalgehalten, beschikbaarheidsmetingen van P, Fe en Al, in oxalaat-extract en adsorptieconstanten (hier raakt de wsa aan de Quick Scan, hoewel de wsa beperkt blijft tot eenvoudige extracties)
- Theoretischerelaties vanuit de literatuur
- Evenwichtsbenadering (Vollenweider, 1976; Schippers et al, 2006)
- Empirische relaties (o.a. \ Boers & van der Molen (1992, 1993, 1994), De Deckere et al, (1994).
- restpost op de water- en stoffenbalans (zie 3)

Aan het einde van onderdeel 3 is zowel de interne als de externe belasting duidelijk. Het aanpakken van de waterbodem is alleen effectief als de interne belasting relatief groot is ten opzichte van de externe belasting. Met andere woorden: de externe belasting is gereduceerd, maar de interne belasting is nog steeds hoog.

De externe belasting is in de meeste systemen de bepalende factor. Het is dus van groot belang om te weten hoeveel nutriënten het systeem inkomen via: natte en droge depositie, instromend oppervlaktewater, af- en uitspoeling van de bodem, puntlozingen, etc. De basis voor het grootste deel van de nutriëntenstromen wordt gevormd door de waterstromen. Het is voor goede beoordeling van groot belang om de waterbalans op orde te hebben en de daaraan gekoppelde stofstromen.

De externe belasting wordt berekend op basis van bestaande informatie van de waterbeheerder. In de reeds verspreide spreadsheet wordt alle informatie gevraagd die de externe belasting bepaalt. Idealiter wordt de spreadsheet volledig ingevuld geretourneerd.

REFERENTIES:

Droogers, P., 2009. Verbetering bepaling open waterverdamping voor het strategisch waterbeheer. Stowa-rapport 2009-11.

Gies TJA., P Coenen, A. Bleeker, OF. Schoumans & IGAM. Noij (2002). Milieuanalyse Reconstructiegebied Gelderland en Utrecht Oost, deel 1: Gelderse Vallei en Utrecht-Oost. Wageningen, Alterra, Reseach Instituut voor de Groene Ruimte, Alterra-Rapport 535.1.120 blz. 34 fig.;17 tab.; 36 ref.

Griffioen, J. (2006) Extent of immobilisation of phosphate during aeration of nutrient-rich, anoxic groundwater. *Journal of Hydrology* 320: 359–369.

Loeb, R. &Verdonschot, P.F.M., 2008. Complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 128. 69 blz.; 10 fig.; 1 tab.; 154 ref.

Most, P.F.J. van der, van Loon, M.M.J., Aulbers, J.A.W. en van Daalen, H.J.A.M., 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks Emissieregistratie, nr. 44

Schoumans, O.F., P. Groenendijk, L. Renaud & F.J.E. van der Bolt, 2008. Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater. Vergelijking tussen landbouw- en natuurgebieden. Wageningen, Alterra, Alterrapport 1700.